

Tiedonrakentelu virtuaalimaailmassa

Leena Kylliäinen

Tampereen yliopisto
Informaatiotieteiden yksikkö
Vuorovaikutteinen teknologia
Pro gradu -tutkielma
Ohjaaja: Pentti Hietala
Helmikuu 2013

Tampereen yliopisto
Informaatiotieteiden yksikkö
Vuorovaikutteinen teknologia
Leena Kylliäinen: Tiedonrakentelu virtuaalimaailmassa
Pro gradu -tutkielma, 76 sivua
Helmikuu 2013

Tässä tutkielmassa tarkastellaan tutkivan oppimisen ja tiedonrakentelun soveltamista Second Lifessa. Second Life on tunnettu virtuaalimaailma, jota käytetään myös opetusympäristönä. Oppimiskäsitysten muuttuessa kehitetään uusia opetusmenetelmiä, joiden soveltaminen erilaisissa opetusympäristöissä on mielenkiintoinen tutkimuskohde. Tutkimusongelmina oli, voidaanko Second Lifessa toteuttaa tiedonrakentelua opetus- ja oppimismenetelmänä, mitkä Second Lifen ominaisuudet tukevat ja hyödyttävät tiedonrakentelun keskeisiä prosesseja ja onko Second Lifen ominaisuuksista etua tiedonrakentelun prosesseille verrattuna tiedonrakenteluun reaaliaikaisessa maailmassa.

Tutkielmassa luodaan katsaus konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, tutkivaan oppimiseen ja tiedonrakentelun prosesseihin. Lisäksi tarkastellaan uuden sukupolven oppijoita ja heidän oppimistyylejään sekä digitaalisen natiivin käsitettä. Kirjallisuuden avulla kartoitettiin virtuaalimaailmojen määritelmiä ja erityisesti niiden oppimista tukevia ominaisuuksia. Ominaisuuksista ja niiden kuvauksista laadittiin kriteeristö Second Lifen oppimista tukevien ominaisuuksien arvioimiseksi. Second Lifessa rakennettiin etikkahapon molekyyli malli käyttäen kolmea erilaista rakennustapaa, joiden hyviä ja huonoja puolia arvioitiin. Rakennuskokeilujen perusteella arvioitiin, soveltuuko tiedonrakentelu käytettäväksi opetus- ja oppimismenetelmänä Second Lifessa. Arvioinnissa käytettiin laadittua kriteeristöä. Lisäksi arvioitiin, miten paljon ja minkälaista tietoteknistä osaamista tiedonrakentelu Second Lifessa vaatii opettajalta, oppilaalta ja harrastajalta.

Rakennuskokeilujen perusteella molekyylien mallinnus Second Lifessa onnistui hyvin perusprimitiiveillä. Tutkielman tuloksena on, että Second Lifessa on mahdollista soveltaa tiedonrakentelua opetus- ja oppimismenetelmänä. Suuri osa kriteeristön ominaisuuksista toteutui hyvin rakennuskokeilujen aikana, ja toteutuneet ominaisuudet mahdollistavat hyvin asiantuntijuuden jakamisen, syventävän tiedon etsinnän ja artefaktien luomisen ja käyttämisen Second Lifessa. Lisäksi, vaikka Second Lifen opetuskäyttö voi olla haastavaa, virtuaalimaailman tiedonrakentelussa tarvittavat perustaidot on mahdollista oppia kohtuullisen nopeasti.

Avainsanat ja -sanonnat: Virtuaalimaailmat, Second Life, konstruktivistinen oppimiskäsitys, tutkiva oppiminen, tiedonrakentelu, molekyyli mallinnus.

Sisällys

1. Johdanto	1
2. Oppimisesta ja oppijoista	4
2.1. Konstruktivistinen oppimiskäsitys	4
2.2. Tutkiva oppiminen ja tiedonrakentelu	6
2.3. Uudet oppijat ja uudet oppimistyylit.....	9
2.4. Yhteenveto oppimisesta ja oppijoista.....	12
3. Virtuaalimaailmat.....	14
3.1. Määritelmiä	14
3.2. Ominaisuuksia.....	15
3.3. Oppimista tukevia ominaisuuksia.....	17
3.3.1. Kolmiulotteisuus, tiedon visualisointi ja simulaatiot	18
3.3.2. Osallistujien vuorovaikutus ja yhteistyö	20
3.3.3. Uppoutuminen ja läsnäolo.....	22
3.3.4. Yhteenveto oppimista tukevista ominaisuuksista.....	25
4. Arviointikriteerit	28
5. Kemiallisten yhdisteiden molekyyylimallinnus Second Lifessa	33
5.1. Second Life opetuskäytössä.....	33
5.2. Kemiallisten yhdisteiden molekyyylimallinnus.....	35
5.3. Molekyyylimallien rakentaminen Second Lifessa.....	39
5.3.1. Primitiivi.....	41
5.3.2. Muotoiltu primitiivi.....	43
5.3.3. Verkko.....	46
5.3.4. Yhteenveto rakentelusta ja rakennustavoista	48
5.4. Mallinnustapojen vertailua.....	51
6. Second Lifen ominaisuudet rakenteluesimerkkien valossa	54
6.1. Oppimista tukevat ominaisuudet.....	54
6.2. Tiedonrakentelun prosessit	59
6.3. Digitaalinen kansalaisuus	61
7. Lopuksi.....	66
Viiteluettelo	71

1. Johdanto

Tutkielman aihe on ajankohtainen ja mielenkiintoinen kahdesta syystä. Ensiksikin, tutkiva oppiminen ja tiedonrakentelu ovat uudehkoja opetus- ja oppimismenetelmiä, jotka ovat aktiivisen tutkimus- ja kehitystyön kohteena. Tiedonrakentelu perustuu konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, joka on muokannut pedagogiikkaa merkittävästi kohti osallistuvaa ja yhteisöllistä oppimista. Oppimismenetelmänä tiedonrakentelu ei ole kypsytynyt lopulliseen muotoonsa, vaan opetusjärjestelyt, opettajan sekä oppilaiden käsitykset, osaaminen ja toiminta kehittyvät jatkuvasti. Tiedonrakentelun teoria laajenee ja täsmentyy paremmin käytäntöä selittäväksi ja ohjaavaksi erilaisten tutkimus- ja kokeilevien hankkeiden myötä.

Toiseksi, virtuaalimaailmoissa on toteutettu ja kehitetty opetusta ja oppimista lähes koko niiden historian ajan. Erityisesti laajalti tunnettu Second Life on opetusta järjestävien ammatillisten ja akateemisten sekä omaehtoisten harrastuspohjalta toimivien kouluttajien suosiossa. Second Life on nykyään avoinna myös 16-18 -vuotiaille käyttäjille, jotka aikaisemmin käyttivät erityisesti heille tarkoitettua Teen Second Life -virtuaalimaailmaa (Linden Research, 2011). Lisäksi 13-15 -vuotiaat käyttäjät voivat toimia heidän oman oppilaitoksensa tontilla.

Second Lifessa on monia onnistuneita opetusympäristöjä ja erilaisista kokeiluista on kirjoitettu runsaasti. Virtuaalimaailmoissa on sovellettu useita erilaisia opetusmenetelmiä, kuten esimerkiksi yhteisöllistä oppimista, kokeilevaa oppimista, toiminnallista oppimista, aktiivista oppimista, ongelmaperustaista oppimista, mielekästä oppimista, pelillistä oppimista ja simulaatioita (Dass, Dabbagh & Clark, 2011). Lisäksi Second Lifen suosiota selittävät sen monipuoliset ominaisuudet. Reis, Escudeiro ja Escudeiro (2010) vertailivat tutkimuksessaan kolmea eniten koulutuksessa käytettyä virtuaalimaailmaa, jotka olivat Second Life, Active Worlds ja There. Vertailussa tarkasteltiin näiden kolmen virtuaalimaailman kuutta osa-aluetta, jotka olivat ympäristön realistisuus, käyttöliittymä, vuorovaikutusmahdollisuudet, avatar, skaalautuvuus ja turvallisuus. Tutkimuksen tulosten mukaan Second Life osoittautui kaikilla osa-alueilla vähintään yhtä hyväksi tai paremmaksi kuin Active Worlds ja There.

Tutkimuksia, joissa erityisesti olisi tarkasteltu tutkivan oppimisen ja tiedonrakentelun toteuttamista tai onnistumista virtuaalimaailmassa, ei kuitenkaan löytynyt. Tässä tutkielmassa pyritään arvioimaan tiedonrakentelun mahdollisuuksia Second Lifessa sekä Second Lifen ja yleensä virtuaalimaailmojen mahdollisia hyötyjä tiedonrakentelun prosesseille. Virtuaalimaailmojen yleisiä ominaisuuksia ja erityisesti oppimista tukevia piirteitä kartoitetaan alan kirjallisuuden avulla. Löydettyjä piirteitä tarkastellaan tiedonrakentelun teorian näkökulmasta etsimällä virtuaalimaailman piirteiden ja tiedonrakentelun prosessien välisiä yhteyksiä. Tässä tutkielmassa tarkastellaan seuraavia

väitteitä ja pyritään löytämään väitteille puoltavia tai vastustavia perusteluja. Väitteet ovat:

1. Second Lifessa voidaan toteuttaa tiedonrakentelua opetus- ja oppimis-menetelmänä.
2. Second Lifen ominaisuudet tukevat ja hyödyttävät tiedonrakentelun prosesseja.
3. Second Lifen ominaisuuksista on etua tiedonrakentelun prosesseille verrattuna tiedonrakenteluun reaali-maailmassa.

Tutkielman tärkein tulos on, että useimmat Second Lifen ominaisuudet tukivat hyvin tiedonrakentelun prosesseja. Erityisesti mahdollisuus käsitellä reaali-maailman aitoja ongelmia, virtuaali-maailman ja esineiden kolmiulotteisuus, tiedon visualisointi-mahdollisuudet, läsnäolo ja opitun siirtovaikutus reaali-maailman vastaaviin tilanteisiin näyttäisivät tulosten valossa toteutuvan erityisen hyvin. Johtopäätöksenä voidaan esittää, että tiedonrakentelua on mahdollista soveltaa oppimismenetelmänä Second Lifessa ja että mitkään Second Lifen ominaisuuksista eivät ainakaan muodosta kriittistä estettä tiedonrakentelun toteuttamiselle.

Tutkielma etenee siten, että luvussa 2 käsitellään teoriataustana konstruktivistinen oppimiskäsitys ja sitä käytännössä toteuttavat tutkiva oppiminen ja tiedonrakentelu. Lisäksi kuvataan lyhyesti uusia oppimistyyliä, jotka liittyvät tietotekniikan lisääntyvään käyttöön yleisesti ja myös opetuksessa ja oppimisessa. Luvun tavoitteena on hahmottaa, minkälaisia yhtymäkohtia konstruktivistisen oppimiskäsityksen, tiedonrakentelun ja uusien oppimistyylien välillä löytyy.

Luvussa 3 paneudutaan aiheesta löytyvän kirjallisuuden avulla virtuaali-maailmoihin, niiden määritelmiin ja erityisesti oppimisen kannalta mielenkiintoisiin ominaisuuksiin. Tavoitteena on selvittää, minkälaisia oppimista tukevia ominaisuuksia virtuaali-maailmoilla on eri tutkimuksissa havaittu olevan.

Luvussa 4 etsitään tutkivan oppimisen ja tiedonrakentelun ja toisaalta virtuaali-maailmojen oppimista tukevien piirteiden välisiä yhtymäkohtia. Tavoitteena on havaita erityisesti ne virtuaali-maailmojen ominaisuudet, joista voisi olla etua tiedonrakentelussa. Virtuaali-maailmojen ominaisuuksista laaditaan kriteeristö tai tarkistuslista, jonka avulla seuraavissa luvuissa pyritään arvioimaan, mitkä virtuaali-maailmojen ominaisuudet mahdollistavat ja tukevat tiedonrakentelua Second Lifessa ja miten. Tiedonrakentelun prosesseista keskitytään erityisesti asiantuntijuuden jakamiseen, syventävän tiedon etsintään sekä kohteellisten ja välittävien artefaktien luomiseen ja käyttämiseen.

Luvun 5 tavoitteena on havainnollistaa, miten Second Lifeen voidaan luoda sisältöä. Luvussa esitellään kolme rakenteluesimerkkiä Second Lifessa. Rakenteluesimerkiksi on valittu kemiallisten yhdisteiden molekyyli-mallit, joka on todellinen reaali-maailman tutkimuskohde ja lisäksi liittyy opetustyöhön. Molekyylien tutkimuksesta saatua tietoa ja tutkimustuloksien ymmärtämistä helpottaa suuresti, jos eri tietolähteistä kertynyttä tietoa

yhdistetään ja havainnollistetaan jollakin visualisointikeinolla. Lopuksi arvioidaan, miten molekyylimallinnus Second Lifessa eroaa muista mallinnusmenetelmistä.

Luvussa 6 arvioidaan rakenteluesimerkkejä luvussa 4 laaditun kriteeristön avulla. Arvioinnin tavoitteena on havaita, mitkä oppimista tukevat ominaisuudet toteutuvat Second Lifessa ja miten, ja tämän perusteella arvioida, voidaanko tiedonrakentelua soveltaa oppimismenetelmänä Second Lifessa.

Luvussa 7 vastataan tutkimuskysymyksiin ja pohditaan tutkielman tavoitteita, niiden toteutumista ja analyysin tuottamia tuloksia. Lisäksi esitetään tutkielman johtopäätökset ja tutkimuksen herättämiä jatkotutkimuskysymyksiä.

2. Oppimisesta ja oppijoista

Tässä tutkielmassa oppimista tarkastellaan konstruktivistisen oppimiskäsityksen, tutkivan oppimisen ja tiedonrakentelun näkökulmasta. Tutkiva oppiminen ja tiedonrakentelu on eräs konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukainen oppimis- ja opetusmenetelmä.

Konstruktivistinen oppimiskäsitys perustuu konstruktivismiin. Konstruktivismi on tiedon olemusta käsittelevä paradigma ja sen perimmäinen mielenkiinto kohdistuu tiedon alkuperään. Konstruktivistisen näkemyksen mukaisesti tiedoksi voidaan kutsua vain sellaista tietoa, joka on syntynyt yksilön aktiivisen konstruoinnin, eli rakentamisen, tuloksena ja joka on olemassa ainoastaan yksilön kautta. Konstruktivismissa on erotettavissa kaksi pääsuuntausta, yksilökonstruktivismi ja sosiaalinen konstruktivismi. Yksilökonstruktivismiin painopisteenä on ollut yksilöllisen tiedonmuodostuksen ja yksilön kognitiivisten rakenteiden tai mentaalisten mallien kuvaaminen. Sosiaalisen konstruktivismiin edustajat painottavat tiedon sosiaalista konstruointia ja ovat kiinnostuneita oppimisen sosiaalisista, vuorovaikutuksellisista ja yhteistoiminnallisista prosesseista (Tynjälä, 1999). Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti konstruktivistisen oppimiskäsityksen olennaisia piirteitä.

2.1. Konstruktivistinen oppimiskäsitys

Sekä yksilökonstruktivismi että sosiaalinen konstruktivismi painottavat oppimisen sosiaalista luonnetta ja oppimisen tavoitteena olevan yhteisöön sopeutuminen ja sosiaalistuminen. Toinen eri suuntauksille yhteinen piirre on ajatus, että tieto muodostuu yksilöllisen rakentelun seurauksena ja on tietäjästään riippuvaista (Tynjälä, 1999).

Konstruktivistinen oppimiskäsitys on muokannut pedagogiikkaa ja sen soveltamista merkittävästi. Tynjälä (1999) luettelee muutamia konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaisia käytännön opetustyöhön liittyviä asioita. Seuraavalla sivulla taulukossa 1 lyhyesti luonnehditut käytännöt pyrkivät samalla kuvaamaan muutoksia, joita oppimiskäsitys on aiheuttanut aikaisempiin käytäntöihin. Kustakin käytännöstä on muodostettu lyhenne, joita käytetään myöhemmin viittaamaan itse käytäntöön. Tämän tutkielman kannalta mielenkiintoiset käytännöt liittyvät välittömästi oppimistapahtumaan, kuten oppijan oma aktiivisuus, oppijan aikaisemmat tiedot, asioiden ymmärtäminen, yksilölliset tulkinnat, ongelmakeskeisyys, tilannesidonnaisuus ja sosiaalinen vuorovaikutus.

Taulukko 1. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaiset opetuskäytännöt (Tynjälä, 1999)

Käytäntö	Lyhenne
Oppijan aktiivisuuden merkitys kasvaa, ja samalla opettajan rooli muuttuu. Oppiminen ei ole passiivista tiedon vastaanottamista, vaan oppijan aktiivista toimintaa. Oppija rakentaa ja muokkaa käsitystään maailmasta ja omaa rooliaan siinä. Opettaminen ei ole tiedon siirtämistä, vaan tiedon konstruointiprosessin ohjaamista. Opettajan rooli on rakentaa oppimistilanteet oppijan aktiivista toimintaa ja tiedonrakentamista tukeviksi.	Oppijan oma aktiivisuus
Uuden oppimisen perustana ovat oppijan aikaisemmat tiedot. Opetuksen lähtökohtana on oppijan olemassa olevat tiedot, eli skeemat. Opetuksen tavoitteena on oppijan skeemojen tiedostaminen ja käsitteleminen, joka tukee oppimisprosessia.	Oppijan aikaisemmat tiedot
Oppimisen tavoitteena on myös oppijan metakognitiivisten taitojen kehittäminen. Oppilaita ohjataan oppimisen itsesäätelyyn, oman oppimisprosessinsa hallitsemiseen ja opiskelutaitojen kehittämiseen.	Oppijan meta-kognitiiviset taidot
Ymmärtäminen on tärkeämpää kuin ulkoa osaaminen. Koska asioiden merkitysten rakentaminen on tärkeää, asioiden ymmärtäminen on ensiarvoisen tärkeää. Ulkoa oppiminen ei ole keskeistä, vaan pyritään omaksumaan ymmärrettyä ja sitä kautta merkityksellistä tietoa.	Asioiden ymmärtäminen
Oppijoiden erilaiset tulkinnat otetaan huomioon. Asioilla voi olla erilainen merkitys eri yksilöille johtuen yksilöiden erilaisista tiedoista, kokemuksista ja mielenkiinnon kohteista. Yksilöllinen tulkinta on hyödyllistä saattaa yhteisön tietoon sosiaalisessa vuorovaikutuksessa, jolloin yksilöt voivat oppia toistensa näkemyksistä ja tiedoista.	Yksilölliset tulkinnat
Opetuksessa pyritään faktapainotteisuudesta kohti ongelmakeskeisyyttä. Faktat opitaan parhaiten silloin, kun ne kytketään oppilaiden aikaisempaan tietoon, laajempiin kokonaisuuksiin ja todellisen elämän ongelmiin. Oppimisen päähuomio siirtyy faktojen nimeämisestä kuvaamiseen, selittämiseen, analysointiin ja kriittiseen arviointiin.	Ongelma-keskeisyys
Oppiminen on tilannesidonnaista. Oppiminen tapahtuu parhaiten tilanteissa, joissa opittuja tietoja oikeasti käytetään. Oppipoikajärjestelmässä aloittelija osallistuu työhön kokeneemman kollegan ohjaamana ja sosiaalistuu tietyn kulttuurin ajattelutapoihin ja jäsenyyteen samalla, kun tiedot ja taidot kehittyvät.	Tilanne-sidonnaisuus
Opiskelussa hyödynnetään monipuolisia representaatioita. Opiskelussa tietoa kytketään monenlaisiin konteksteihin, käsitellään useista näkökulmista ja käytetään erilaisia esitystapoja ja oppimistehtäviä. Näin luodaan monipuolinen kuva opittavasta aiheesta.	Monipuoliset representaatiot
Sosiaalinen vuorovaikutus on opetuksen ja oppimisen tärkeä osa. Yhteisöllisyys on tärkeää myös yksilöllisen tiedonkonstruoinnin kannalta. Sosiaalisen vuorovaikutuksen avulla oppija voi ulkoistaa omaa ajatteluaan ja saada palautetta ja sosiaalista tukea sekä antaa sitä toisille. Sosiaalisuutta tuetaan ja tehostetaan yhteistoiminnallisilla opiskelumuodoilla.	Sosiaalisuus
Oppimista arvioidaan uusista näkökulmista ja uusilla tavoilla. Määrällisestä ja tiedon toistamista painottavasta arvioinnista pyritään siirtämään huomio tiedon rakentamisen prosessiin ja sen arvioimiseen. Huomiota kiinnitetään oppimistulosten laatuun pikemmin kuin määrään. Arviointiin osallistuu opettajan lisäksi myös oppija, yhteistoiminnallisessa oppimisessa myös muut opiskelijat. Arviointi pyritään kytkemään osaksi koko oppimisprosessia.	Oppimisprosessin arviointi
Tieto ymmärretään suhteelliseksi ja riippuvaiseksi tuottamistavastaan. Koska tieto on sosiaalisesti konstruointia, myös tiedon rakentumisen historia ja taustat on syytä tuntea ja ottaa huomioon tietoa arvioitaessa.	Tiedon suhteellisuus
Opetussuunnitelmien kehittämisessä lähtökohtana ovat oppialat. Opetussuunnitelmaa ohjaavat kunkin oppialan keskeiset pääsisällöt ja ongelma-alueet, ei niinkään ulkoa asetetut tavoitteet ja sisällöt.	Opetussuunnitelmien kehittäminen

Yksi konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukainen oppimis- ja opetusmenetelmä on tutkiva oppiminen ja sen tärkeänä osana tiedonrakentelu, joita tarkastellaan seuraavaksi.

2.2. Tutkiva oppiminen ja tiedonrakentelu

Hakkarainen et al. (1999) mukaan tutkivan oppimisen lähtökohtana on ajatus, että oppiminen on parhaimmillaan tutkimusprosessi, joka synnyttää sekä uutta ymmärrystä että uutta tietoa. Hakkarainen et al. jatkavat, että tiedon ymmärtäminen on samanlainen psykologinen prosessi kuin täysin uuden tiedon luominen tieteessä tai keksimisessä. Eräs prosessin tavoite on myös, että oppilaiden metakognitiiviset taidot kehittyvät sen aikana. Hakkarainen et al. (1999) toteaa, että oppilaan ajattelun kehityksen kannalta on tärkeää pystyä tietoisesti asettamaan ongelmia, tunnistamaan arvokkaita kysymyksiä, muodostamaan hyvin perusteltuja käsityksiä ja teorioita sekä etsimään selittävää tieteellistä tietoa. Tutkivan oppimisen käytännöissä keskeistä on organisoida oppimisyhteisön toiminta niin, että se jäljittelee tieteellisen tutkimustyön tehokkaita tiedonrakentamisen käytäntöjä (Hakkarainen et al., 1999).

Tutkivalla oppimisella tarkoitetaan siis prosessia, jossa esitettyyn ongelmaan haetaan ratkaisua pääättelemällä ja etsimällä uutta tietoa erilaisista tietolähteistä. Tärkeää on, että oppija kykenee ymmärtämään ja selittämään löydetyn informaation syvällisesti, ennen kuin se liitetään aikaisempaan tietorakenteeseen. Tietoa voidaan systemaattisesti kehittää prosessin aikana, ja toiminnan tärkeinä kohteina ovat oppilaiden itsensä muodostamat käsitykset, joita kehitetään edelleen yhteisöllisesti. Tutkivan oppimisen prosessit kuvaavat hyvin oppimismenetelmän vaihemaista luonnetta ja sitä, miten eri vaiheita käydään läpi uudelleen oppimisprosessien edetessä ja tulosten kehittyessä. Seuraavassa taulukossa 2 prosessit on esitelty lyhyesti.

Taulukko 2. Tiedonrakentelun prosessit kuvauksineen (Hakkarainen et al., 1999; Hakkarainen, Bollström-Huttunen, Pyysalo & Lonka, 2004)

Prosessi	Kuvaus
Asiantuntijuuden jakaminen	Tutkimusprosessi jaetaan oppimisyhteisön jäsenten kesken, verkostopohjainen oppimisympäristö tarjoaa muistikirjan prosessille.
Kontekstin luominen	Valitaan opetussuunnitelman kannalta olennainen, oppimisyhteisön tärkeäksi kokema, merkittävä ja riittävän moniulotteinen ja rikas asiakokonaisuus.
Ongelmien asettaminen	Asetetaan osanottajien tietotarpeista nousevia, oppimisprosessia ohjaavia kysymyksiä, kuten ”miksi” ja ”kuinka”.
Työskentelyteorioiden luominen	Luodaan opiskelijoiden omat työskentelyteoriat, käsitykset ja tulkinnat, joiden avulla asia selitetään itselle ja muille ennen asiantuntijatietoon perehtymistä.
Kriittinen arviointi	Työskentelyteorioita ja myöhempiä teorioita arvioidaan yhdessä ja asetetaan uusia tavoitteita teorioiden kehittämiseksi.
Syventävän tiedon etsintä	Syvennetään jo rakennettua tietämystä ja ymmärrystä esimerkiksi kirjallisuuden, asiantuntijakontaktien, kokeiden ja testien avulla.
Tarkentuvien ongelmien asettaminen	Havaittujen tiedonpuutteiden pohjalta laaditaan uusia kysymyksiä, jotka ohjaavat tutkimuksen etenemistä, lähtökohtana olleet suuret kysymykset jaetaan pienempiin, tutkimustyö syvenee.
Uusien työskentelyteorioiden luominen	Työskentelyteorioita tarkennetaan uuden tiedon perusteella ja luodaan monimutkaisempia teorioita.
Tulosten julkistaminen	Prosessin tuloksista laaditaan yhteenveto ja tulokset julkistetaan, jolloin opiskelijoiden tuottama tieto ei jää ainoastaan heidän omaksi tiedokseen.

Kuvassa 1 on havainnollistettu taulukossa 2 esitettyjen prosessien liittymistä toisiinsa. Kaiken toiminnan yhdistäjänä on jaettu asiantuntijuus, joka kuvaa sitä, miten eri prosessit on tarkoitus käydä läpi yhteisöllisesti, jakaa ja vertailla ongelmia, käsityksiä ja tuloksia.



Kuva 1. Tiedonrakentelun prosessit (Hakkarainen et al., 1999).

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen periaatteiden mukaisesti prosessia voidaan pitää päättymättömänä: vaikka jokin asiakokonaisuus saataisiinkin julkaisuvaiheeseen, aiheeseen voidaan palata myöhemmin, kun esitetään uusi ratkaisua vaativa ongelma tai löydetään uutta informaatiota, joka täydentää tai muuttaa olemassa olevaa skeemaa. Kuvasta puuttuu viimeinen prosessi, tulosten julkaiseminen, mutta Hakkarainen et al. (1999) mainitsevat sen tärkeänä osana kokonaisuutta.

Tutkivan oppimisen malli kehitettiin tukemaan tiedonrakentamisen prosessia ja tutkivan oppimisen yksi keskeinen perusta on ollut Carl Bereiterin **tiedonrakentamisen teoria** (Paavola, Hakkarainen & Seitamaa-Hakkarainen, 2006). Tutkivan oppimisen prosessit voidaankin ymmärtää lähes sellaisenaan tiedonrakentelun prosesseiksi. Esimerkiksi Hakkarainen et al. (1999) toteavat, että tiedonrakentelulla tarkoitetaan tietoista ja järjestelmällistä työskentelyä oppimisyhteisön tuottaman tiedon - hypoteesien, teorioiden ja selitysten tai tulkintojen - kehittämiseksi ja parantamiseksi. Myös Kangas, Lahti ja Seitamaa-Hakkarainen (2004) kuvaavat tiedonrakentelua ideoiden jatkuvaksi kehittelyksi. Keskeistä on luoda uusia käsitteellisiä tuotoksia, kehittää niitä yhteisöllisesti ja hyödyntää prosessin aikana syntynyttä tietoa uusien ongelmien ratkaisussa (Kangas et al., 2004).

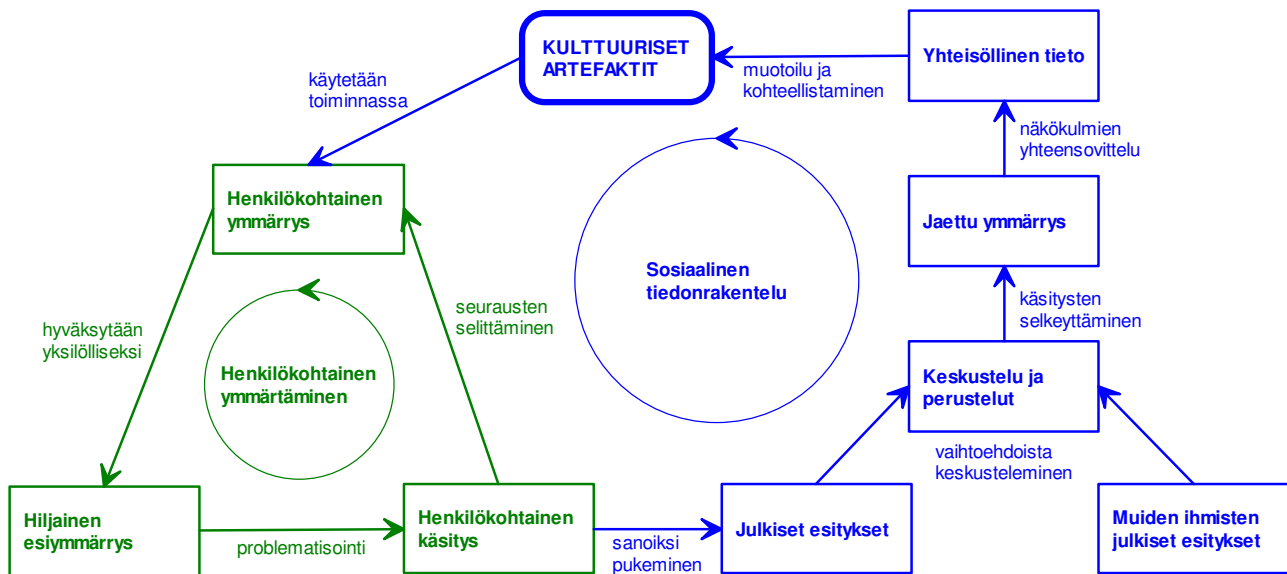
Tiedonrakentelu eroaa käsitteenä oppimisesta siten, että oppimista ei voida havainnoida, ainoastaan oppimisen tuloksia voidaan havainnoida (Stahl, 2002). Lisäksi, oppiminen ei ole näkyvää toisin kuin tiedonrakentelu, joka tapahtuu erilaisten psykologisten ja fysikaalisten apuvälineiden, kuten puheen, tekstin, kuvien tai muiden abstraktien symbolijärjestelmien avulla. Tiedonrakentelun prosesseja ja tuloksia voidaan tuottaa, jakaa ja arvioida yhteisöllisesti (Stahl, 2002).

Tiedonrakentelu eroaa oppimisesta myös laadullisesti. Oppiminen voi olla täysin tahatonta, älyllisen toiminnan sivutuotetta ilman varsinaista oppimisen tavoitetta, ja lisäksi hajanaista ja epätäydellistä. Useimmiten oppiminen on kuitenkin tietoista ja tavoitteellista oman tietämyksen laajentamista. Tiedonrakentelu sen sijaan on aina aktiivista toimintaa, jonka kohteena on uusien käsitteellisten luomusten keksiminen, kehittäminen ja rakenteleminen (Hakkarainen, Lonka & Lipponen, 2000). Tiedonrakentelussa pyritään siis tietoisien oppimisen lisäksi tuottamaan aivan uutta tietoa ja ymmärrystä.

Paavola ja Hakkarainen (2008) kuvaavat oppimista kolmesta näkökulmasta: ensiksi yksilön tiedonhankintana, toiseksi sosiaalisena osallistumisena ja kolmanneksi tiedonluomisena eli jaettujen kohteiden yhteisenä kehittämisenä. Paavola ja Hakkarainen mukaan tiedonhankintavertauskuva kuvaa, miten oppiminen on yksilön mentaalisten mallien passiivista tai aktiivista muuttumista. Osallistumisvertauskuva korostaa sosiaalisten yhteisöjen osuutta oppimisessa ja asiantuntijuuden kehittämisessä, oppiminen on kasvamista yhteisön jäseneksi vuorovaikutuksessa yhteisön kanssa. Tiedonrakentelun kannalta keskeisen **tiedonluomisvertauskuvan** lähtökohtana on yksilön ja yhteisön vuorovaikutus, jonka nähdään tapahtuvan erilaisten ihmisten tuottamien välittävien artefaktien kautta. Paavola et al. (2006) kuvailevat **käsitteellisiä artefakteja** (*conceptual artifacts*) abstrakteiksi, ihmisten luomiksi tietoa sisältäviksi luomuksiksi, joita voivat olla esimerkiksi teorit, tarinat tai kirjojen sisällöt. Artefaktien avulla yhteisössä välitetään sen jäsenille käsitteellistä, toiminnallista ja hiljaista tietoa (Paavola & Hakkarainen, 2008).

Paavola ja Hakkarainen (2008) mukaan tiedonluomisvertauskuvassa erityisenä kiinnostuksen kohteena ovat ne prosessit, joissa yhteisöllisesti tuotetaan jotain uutta, esimerkiksi uusia tuotteita, uusia käytäntöjä tai uusia käsitteellisiä artefakteja. He jatkavat, että innovatiiviset tietoyhteisöt eivät palvele vain henkilökohtaista oppimista tai sosiaalista vuorovaikutusta, vaan ne on organisoitu yhteisten kohteiden ympärille, joiden luominen ja kehittäminen määrittelee niiden tarkoitusta. Stahl (2002) kuvaa tiedonrakenteluprosessia samaan tapaan kuin Paavola ja Hakkarainen. Kuvassa 2 on havainnollistettu sekä henkilökohtaisen oppimisen että yhteisöllisen tiedonrakentelun prosessia ja artefaktien roolia prosesseissa Stahl (2000) mukaillen. Sosiaalisen tiedonrakentelun tuloksena syntyy kulttuurisia artefakteja, joita käytetään yhteisön toiminnassa ja jotka myös välittävät yhteisöllistä tietoa ja ymmärrystä yksilölle, jonka henkilökohtaisen

ymmärrys kehittyy ja syvenee prosessin aikana. Yksilön kehittynyt ymmärrys vaikuttaa puolestaan artefaktien kehittymiseen edelleen.



Kuva 2. Tiedonrakenteluprosessi Stahl (2000) mukaillen, kirjoittajan suomennos.

Paavola ja Hakkarainen tiedonluomisvertauskuvassa keskeisiä käsitteitä ovat artefaktien luominen, uuden tiedon luominen, vuorovaikutus ja artefaktien rooli vuorovaikutuksessa. Yhteisön toiminnan keskipisteessä on uusien materiaalistien ja käsitteellisten artefaktien ja käytäntöjen luominen ja uuden etsiminen. Yhteisten kohteiden, eli artefaktien ja käytäntöjen, kehittäminen vaatii uuden tiedon luomista ja tieto perustuu eri tiedon muotojen vuorovaikutukseen. Yhteisiä kohteita kehitetään ja niiden arvoa lisätään vuorovaikutuksessa samalla, kun näitä kohteita käytetään vuorovaikutuksen välineinä. Yhteisön ja yksilöiden älykäs toiminta ja asiantuntijuus perustuu välittävien artefaktien kehittämiseen, muokkaamiseen ja käyttämiseen. Myös vuorovaikutus yksilön ja maailman välillä perustuu artefakteihin ja niiden välittämään tietoon (Paavola & Hakkarainen, 2008). Tiivistetysti, tiedonluomisvertauskuva pyrkii tavoittamaan sellaista oppimista, jossa niin välineet, kohteet kuin prosessitkin voivat oppimisen ja toiminnan kuluessa muuttua ja kehittyä hyvin perustavalla tavalla, ja tiedonrakentamisen voi ymmärtää toiminnaksi, jonka kohteena ovat erityisesti käsitteelliset luomukset (Paavola & Hakkarainen, 2008). Koska artefaktit nähdään näinkin keskeisenä tiedonrakentelun kohteina ja tiedon välittäjinä, esitetyn teorian valossa on aiheellista liittää artefaktien luominen ja käyttäminen tutkivan oppimisen prosesseihin.

2.3. Uudet oppijat ja uudet oppimistyyli

Oppimiskäsitysten muuttuessa myös käsitykset oppijoista ovat muuttuneet. Kun oppijoiden rooli oppimistilanteessa nähdään erilaisena kuin aikaisemmin, on alettu

kiinnittää huomiota myös oppijoiden niihin ominaisuuksiin, joita uudenaikaisessa roolissa tarvitaan ja jotka tukevat oppijan toimintaa ja oppimista uudenaikaisissa opetuskäytänteissä.

Oppijoiden on katsottu muuttuvan yleisen teknologisen kehityksen vaikutuksesta. Tietoteknologian kehityksen huippuvuosina syntynyttä sukupolvea nimitetään vaihtelevasti **digitaalisiksi natiiveiksi** (*Digital Natives*), **nettisukupolveksi** (*Net Generation*), **milleniaaleiksi** (*Millennials*) tai **sukupolvi Y:ksi** (*Generation Y*). Kirjallisuudesta löytyvät vuosiluvut vaihtelevat myös, eri lähteiden mukaan digitaaliset natiivit ovat syntyneet 1980-luvun jälkeen, nettisukupolvi vuosina 1983 - 1997 tai 1981 - 2001, ja milleniaalit vuosina 1982 - 1991 tai 1999. Joka tapauksessa milleniaalilla sukupolvella tarkoitetaan ihmisiä, joiden elämänpiiri on ollut viihdekeskeinen, tiedonvälitykseltään reaaliaikainen ja huomattavan teknistynyt verrattuna edellisten sukupolvien elämään.

Milleniaaleilla sanotaan olevan aikaisempia sukupolvia monipuolisemmat tekniset valmiudet, joita on kuvailtu myös tekniseksi lukutaidoksi. Heidän väitetään olevan asenteiltaan myönteisiä teknologiaa kohtaan ja jopa riippuvaisia teknologiasta. Teknologia ylläpitää milleniaalien jatkuvaa vuorovaikutusta toisten kanssa (Nicholas, 2008). Sosiaalisuus eri muodoissaan on tärkeää ja erilaisia teknisiä laitteita ja sovelluksia käytetään sujuvasti ja vaihtelevasti vuorovaikutuksen välineinä (Nicholas, 2008). Vuorovaikutus ja ongelmanratkaisu yhteistyössä onkin milleniaaleille tyypillinen käyttäytymistapa. On myös arvioitu, että vuonna 2011 80 prosentilla aktiivista internetin käyttäjistä on avatar tai ”toinen elämä” jossakin virtuaalisessa ympäristössä (Chang, Gütl, Kopeinik & Williams, 2009).

Milleniaalit oppivat mielellään yhteistyössä vertaistensa kanssa, tutkimalla ja tekemällä (Chang et al., 2009). Lisäksi oppimisen tulee olla vuorovaikutteista ja sisältää hauskoja toimintoja. Milleniaalit ovat omaksuneet oppimistyyliä, jotka ovat yhteisöllisiä, kokeilevia ja suosivat visuaalisuutta (Chang et al., 2009). Milleniaaleille oppimistyyliä on ominaista toisten suunnitelmien ja tuotoksien yhdisteleminen uusiksi yksilöllisiksi kokonaisuuksiksi ja monen asian yhtä aikaa tekeminen (*multitasking*). Dede (2004) on kehittänyt edellä mainittuja milleniaalien oppimistyylien kuvauksia edelleen ja laatinut luokituksen neomilleniaaleista oppimistyyleistä. Neomilleniaalit oppimistyylien kuvaukset jatkavat milleniaalien perinteitä, mutta antavat oppijoista ja oppimistyyleistä rikkaamman ja monipuolisemman kuvan. Taulukossa 3 on esitetty lyhyesti neomilleniaalien oppimistyylien tärkeimmät piirteet Deden (2004) mukaan. Kustakin kuvauksesta on muodostettu lyhenne, jota käytetään myöhemmin viittaamaan oppimistyyliin.

Taulukko 3. Neomilleniaalien oppimistyylien kuvaukset (Dede, 2004)

Oppimistyylin kuvaus	Lyhenne
Neomilleniaalit käyttävät sujuvasti erilaisia medioita ja arvostavat niitä sen mukaan, miten ne mahdollistavat erilaista kommunikaatiota, toimintoja, kokemuksia ja ilmaisuja.	Monipuoliset mediat, virtuaaliset ympäristöt
Oppiminen perustuu tiedon etsimiseen seulomiseen ja yhdistelemiseen yhdessä toisten kanssa. Oppimisen kohteena on yhteisöllisiä, vaihtelevia, sanattomia ja paikallisia kokemuksia, ja oppimisen tuottama tieto jaetaan yhteisön ja yksilöiden kesken arvioitavaksi.	Tiedon etsiminen yhteistyössä, tiedon jakaminen
Aktiivinen oppiminen perustuu todellisiin tai simuloituihin ja virtuaalisiin kokemuksiin, jotka tarjoavat runsaasti tilaisuuksia pohdinnoille, arvioinnille ja palautteelle. Oppiminen on kokeellisen oppimisen ja ohjaavan opastuksen vuorottelua.	Oppiminen tutkimalla ja tekemällä
Oppimisen tulokset ovat ei-lineaarisia, assosiatiivisia esitysten verkostoja ja tilannesidonnaisia simulaatioita, jotka ilmaisevat oppijan ymmärrystä.	Oppimistuloksina esitysten verkostoja
Oppimiskokemukset suunnitellaan yhdessä ottaen huomioon yksilölliset tarpeet ja mieltymykset.	Yksilölliset oppimiskokemukset

Milleniaalin sukupolven, erityisesti digitaalisten natiivien, olemassaoloa on myös kritisoitu (Margaryan, Littlejohn & Vojt, 2011; Jones, Ramanau, Cross & Healing, 2010). Jones et al. (2010) tekemän tutkimuksen mukaan sukupolvien välillä on selviä eroja teknologian käytössä, mutta myös nettisukupolven sisällä on selviä eroja. Esimerkiksi nettisukupolven miehet olivat itsevarmempia tietokonesovellusten käyttäjiä kuin naiset (Jones et al., 2010). Margaryan et al. (2011) esittävät, että vaikka nuoret sukupolvet käyttävät sähköistä teknologiaa vanhempia sukupolvia enemmän, heillä on siitä huolimatta melko suppea näkemys siitä, miten teknologia voisi auttaa heitä oppimisessa. Heidän tutkimuksensa tulokset eivät tukeneet väitettä, jonka mukaan digitaaliset natiivit omaksuisivat radikaalisti erilaisia oppimistyyliä, osoittaisivat erityistä teknistä lukutaitoa tai käyttäisivät teknologiaa erityisen hienostuneella tavalla. Teknologian käyttötavoissa oli enemmän määrällisiä kuin laadullisia eroja eri ikäluokkien välillä, lisäksi teknologian käyttö painottui vapaa-aikaan. Lisäksi tutkimuksen mukaan nuoret tyytyivät vaivatta perinteisiin opetusmenetelmiin, ja jopa odottivat saavansa perinteistä opetusta perinteisillä teknisillä laitteilla. Vapaa-aikana käytettyjä teknologioita ei odotettu käytettäväksi muodollisessa opetuksessa (Margaryan et al., 2011). Myöskään Jones et al. (2010) tutkimuksen tulokset eivät tukeneet väitteitä, joiden mukaan nettisukupolven oppija edellyttäisi välitöntä pääsyä lähteisiin ja nopeita palkkioita, suhtautuisi kärsimättömästi lineaariseen ajatteluun tai olisi erityisen taitava tekemään montaa asiaa yhtäaikaan.

Saleeb ja Dafoulas (2010b) laajentavat digitaalisten **natiivien** ja **siirtolaisten** (*immigrant*) käsitettä digitaalisen **kansalaisen** (*citizen*) käsitteellä virtuaalisissa oppimisympäristöissä. Kirjoittajien mukaan natiivit ovat teknisesti taitavia ja osaavat käyttää virtuaalimaailmoja ilman suurempia esteitä, mutta keskittyvät vähemmän oppimistehtäviin, koska he eivät ole tottuneet siihen, että virtuaalimaailmaa käytetään

opettamiseen. Kirjoittajat olettavat, että digitaalisten natiivien kokemus videopelien, internetin ja sosiaalisten verkostojen parissa on harjaannuttanut käyttäytymistapoja ja taitoja, jotka sopivat mihin tahansa kolmiulotteiseen virtuaaliseen oppimisympäristöön. Siirtolaiset puolestaan ovat niin keskittyneitä oppimistehtäviin, etteivät tule tutustuneeksi virtuaaliympäristön monipuolisiin ominaisuuksiin ja toiminnallisuuksiin.

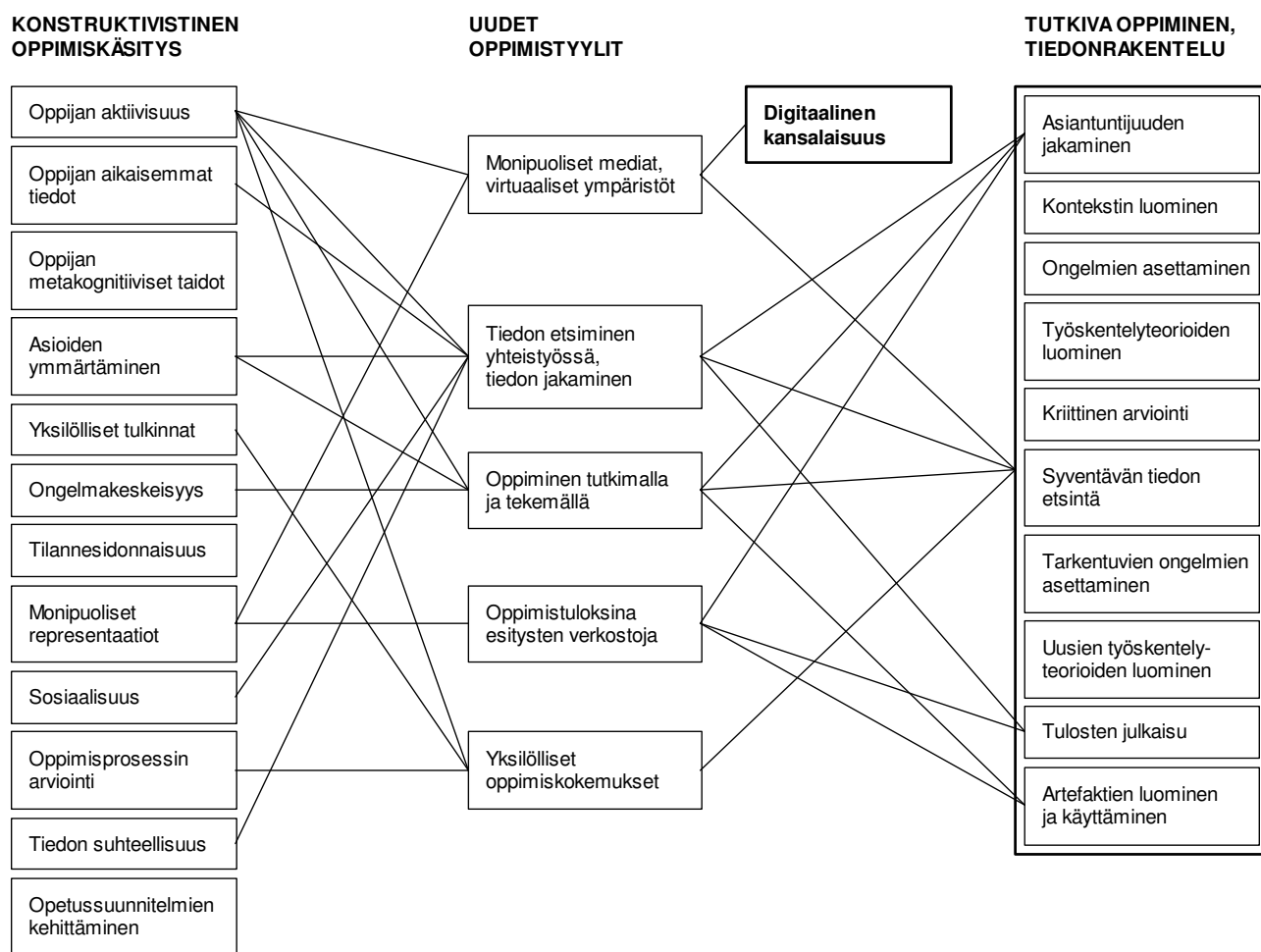
Kirjoittajat katsovat, että opetus tulee sopeuttaa virtuaalimaailmoihin ja että sopeutuminen koskee sekä opettajia että oppilaita. Sopeutuminen vaatii teknisen asiantuntemuksen kehittämistä, mutta tarjoaa samalla mahdollisuuden tulla kolmiulotteisen maailman kansalaiseksi (Saleeb & Dafoulas, 2010b). Tekemänsä tutkimuksen perusteella kirjoittajat esittävät, että kun yhdistetään natiivien tietotekniset taidot siirtolaisten akateemisiin taitoihin, voidaan kehittää pedagogisia ratkaisuja, jotka hyödyttävät molempia ryhmiä ja kehittävät heistä lyhyessäkin ajassa tasavertaisia digitaalisia kansalaisia. Digitaaliset kansalaiset ovat oppijoita, joilla ei ole vaikeuksia käyttää niitä virtuaalimaailman työkaluja, joiden avulla avatarit osallistuvat oppimistehtäviin, vaan pystyvät hyvin selviytymään virtuaalimaailmassa annetuista oppimistehtävistä. Lisäksi he kommunikoivat tehokkaasti muiden osallistujien kanssa (Saleeb & Dafoulas, 2010b).

2.4. Yhteenveto oppimisesta ja oppijoista

Kuvassa 3 on koottu yhteyksiä konstruktivistisen oppimiskäsityksen, uusien oppimistyylien ja tutkivan oppimisen prosessien välillä. Kuvaan on poimittu konstruktivistisen oppimiskäsityksen käytännöistä kirjoittajan lyhenteet taulukosta 1. Tiedonrakentelun prosessit on poimittu taulukosta 2 sekä kuvasta 1. Prosesseja on täydennetty lisäämällä kuvaan tiedonluomisvertauskuvaan kiinteästi kuuluvat artefaktit. Uusien oppimistyylien kirjoittajan lyhenteet on poimittu taulukosta 3. Kuva 3 havainnollistaa, miten uudet oppimistyyli sopivat sekä konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen että tutkivan oppimisen prosesseihin. Asian voisi ilmaista myös toisin päin: konstruktivistinen oppimiskäsitys ja tutkiva oppiminen edellyttävät oppijalta uusien oppimistyylien mukaisien valmiuksien hallintaa ja käyttöä. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen ja tutkivan oppimisen yhtymäkohdat on jätetty kuvaamatta, koska tutkiva oppiminen on yksi konstruktivistista oppimiskäsitystä käytännössä toteuttava oppimismenetelmä.

Konstruktivistinen oppimiskäsitys kytkeytyy uusiin oppimistyyliin muun muassa siten, että oppijan oma aktiivisuus ilmenee käyttämällä monipuolisesti eri medioita tiedon yhteisölliseen etsimiseen ja jakamiseen ja oppimiseen tutkimalla ja tekemällä sekä yksilöllisten oppimiskokemusten kautta. Oppijan aktiivisuus, aikaisemmat tiedot, asioiden ymmärtäminen, sosiaalisuus ja käsitys tiedon suhteellisuudesta liittyvät neomilleniaalien tapaan etsiä, yhdistellä ja jakaa tietoa yhdessä. Uusien oppimistyylien mukainen medioiden käyttö, tiedon etsiminen, yhdisteleminen ja jakaminen yhteistyössä sekä oppiminen tutkimalla ja tekemällä vastaavat lähes sellaisenaan tiedonrakentelun prosesseja ja jaettua asiantuntijuutta. Uusiin oppimistyyliin liittyvä digitaalinen

kansalaisuus liittyy virtuaalimaailmojen käyttöön oppimisympäristöinä. Lisäksi tietoa ja oppimistuloksia voidaan jakaa julkaisemalla tulokset sekä käyttämällä välittäviä artefakteja.



Kuva 3. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen, uusien oppimistyylien sekä tutkivan oppimisen ja tiedonrakentelun välisiä yhteyksiä.

Seuraavassa luvussa tarkastellaan virtuaalimaailmoja, maailmojen määritelmiä ja erityisesti virtuaalimaailmojen oppimista tukevia ominaisuuksia.

3. Virtuaalimaailmat

Virtuaalimaailmoja käytetään yhä enenevässä määrin oppimisympäristöinä. Tässä luvussa tarkastellaan kirjallisuudessa kuvattuja ja analysoituja virtuaalimaailmojen ominaisuuksia erityisesti oppimisen näkökulmasta: mitkä virtuaalimaailmojen ominaisuudet tukevat oppimista ja millä tavalla.

3.1. Määritelmiä

Virtuaalisuus, virtuaalinen todellisuus, virtuaalinen ympäristö ja virtuaalimaailmat ovat käsitteinä samankaltaisia eikä niiden erottaminen toisistaan ole aina helppoa. Käsitteille on lisäksi eri aikoina esitetty erilaisia määritelmiä. Seuraavassa esitellään käsitteiden merkitykset tässä työssä.

Virtuaalinen voidaan määritellä tekniikan, tavallisesti tietokoneiden, avulla toteutetuksi. Virtuaalinen esitys ei ole havainnoitavissa ilman teknisiä laitteita tai olemassa niiden ulkopuolella, toisin kuin reaaliaikainen maailma.

Virtuaalinen todellisuus on tietokoneella simuloitu, joko todelliseen tai kuvitteelliseen maailmaan perustuvaa kolmiulotteinen ympäristö (Reis et al., 2010). Virtuaalinen todellisuus ympäröi käyttäjää joka puolelta ja on usein ohjattavissa suoraan tuntoaistin avulla (Minocha, Kear, Mount & Priestnall, 2008).

Virtuaalinen ympäristö on tekniikan avulla luotu keinotekoinen ympäristö, mutta ei välttämättä kolmiulotteinen. Virtuaalisia ympäristöjä ovat esimerkiksi virtuaalimaailmat.

Virtuaalimaailma on todellisen tai kuvitteellisen ympäristön kolmiulotteinen simulaatio, johon ollaan vuorovaikutuksessa tietokoneen ja internetin välityksellä. Virtuaalimaailma eroaa virtuaalisesta todellisuudesta teknisesti siten, että kolmiulotteiselta näyttävä maailma tulostetaan kaksiulotteiselle näytölle (Minocha et al., 2008). Bell (2008) kuvailee virtuaalimaailmaa reaaliaikaiseksi, pysyväksi ja verkottuneiden tietokoneiden ylläpitämäksi ihmisten verkostoksi, jossa kutakin ihmistä edustaa avatar. Kaikkien kolmen osatekijän täytyy esiintyä yhdessä, jotta virtuaalinen ympäristö olisi virtuaalimaailma. Bellin määritelmän mukaan esimerkiksi videopelit eivät ole virtuaalimaailmoja. Videopelissä voi esiintyä reaaliaikaista monen pelaajan toimintaa ja vuorovaikutusta, mutta ei pysyvyyttä. Kun videopeli suljetaan, pelin maailma päättyy, kunnes pelaajat käynnistävät sen uudelleen. Sosiaaliset verkostot, kuten Facebook, eivät myöskään ole virtuaalimaailmoja. Sosiaalisissa yhteisöissä on pysyvyyttä, mutta ei jaettua reaaliaikaista ympäristöä ja läsnäolon tuntua. Facebookissa ei ole käyttäjiä edustavia, vuorovaikutteisia ja toimivia avatareja, ainoastaan käyttäjien itsestään laatimia kuvauksia itsestään. Virtuaalimaailmoissa ei ole etukäteen määriteltyä kerronnallisuutta tai juonellista tarinaa, juonen etenemiseen vaadittavia sääntöjä tai tavoiteltavaa päämäärää tai loppua, vaan käyttäjät määrittelevät itse merkityksen siellä olemiselleen. Käyttäjille on annettu mahdollisuus luoda sisältöä ja muokata ympäristöä lähes rajattomasti ja he voivat

vapaasti toimia itse valitsemiensa tavoitteiden ohjaamina. (Bell, 2008.) Reis et al. (2010) toteavat, että virtuaalimaailman asukkaat käyttäytyvät usein samoin kuin reaali-maailmassa, joka tekee kokemuksesta todentuntuisemman. Virtuaalimaailmoissa käyttäjät eivät voita tai häviä peliä, vaan toiminta on painottunut vuorovaikutukseen toisten käyttäjien kanssa.

Warburton (2009) jakaa kolmiulotteiset virtuaalimaailmat **joustavasti kerronnallisiin** maailmoihin (*flexible narrative*), **sosiaalisiin** maailmoihin (*social world*), **simulaatioihin** ja **työalustoihin** (*workspace*). Joustavasti kerronnallisia maailmoja ovat monen pelaajan online roolipelit (*massively multi-player online role-playing games*) ja opetukselliset pelit (*serious games*), esimerkiksi World of Warcraft, Everquest, Rivercity project ja Quest Atlantis. Tietokoneverkossa ylläpidetyissä roolipeleissä on jatkuvuutta ja pysyvyyttä, kuten Bell määritelmässään edellyttää. Warburtonin mukaan virtuaalimaailmassa voi Bellin näkemyksestä eroten olla myös ennalta määrättyjä sääntöjä tai tavoitteita. Rooli- ja opetuksellisissa peleissä tarina tai juoni määrää pelin etenemisen suunnittelijan luomien sääntöjen ja asettamien tavoitteiden määrittelemissä rajoissa, pelaajalla on rooli ja tietty tavoite. Sosiaaliset virtuaalimaailmat sisältävät myös sosiaaliset alustat (*social platforms*) ja kolmiulotteiset chatit, esimerkiksi Second Life, Habbo Hotel ja Sims Online. Virtuaalimaailmalla voi olla sekä fiktiivisiä että reaali-maailman elementtejä ja se on ensisijaisesti sosiaalisen vuorovaikutuksen tapahtumapaikka ja käyttäjä on itsensä laajennus tai jatke. Simulaatioissa tai tietokoneavusteisten yhteisöllisten työtilojen kolmiulotteisissa mallinnuksissa virtuaalimaailma on reaali-maailman kuvaus ja toimii reaali-maailman säännöillä, esimerkkinä Google Earth. Käyttäjä on oma itsensä. Työalustat ovat virtuaalisia työpaikkoja, joissa käyttäjät ovat oma itsensä, tekevät yhteistyötä ja joissa on tarpeelliset työkalut.

de Freitas (2008) jakaa virtuaalimaailmat viiteen kategoriaan: **roolipelimaailmat** (*role play worlds*), **sosiaaliset maailmat** (*social worlds*), **työmaailmat** (*working worlds*), **harjoitusmaailmat** (*training worlds*) ja **peilimaailmat** (*mirror worlds*). de Freitasen jaottelussa on neljä samansisältöistä kategoriaa kuin Warburtonin jaottelussa, mutta de Freitasen mukaan viides kategoria, peilimaailmat, heijastelevat reaali-maailmaa kirjaimellisesti, kuten edellä mainittu Google Earth. Peilimaailmat ovat sekoituksia virtuaalista ja reaali-maailmaa, ja käyttökelpoisia esimerkiksi retkillä tai multimediatuotannoissa (de Freitas, 2008).

3.2. Ominaisuuksia

Kirjallisuudesta esille nousevia virtuaalimaailmoja määritteleviä ja kuvaavia ominaisuuksia ovat muun muassa tietokoneiden avulla ylläpidetty ja usean käyttäjän yhtä aikaa jakama tila, tietoisuus toisista käyttäjistä, avatar käyttäjän edustajana, vuorovaikutus ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa, yhteistyö ja sosiaalisuus, kolmiulotteinen

sisältö ja visuaalisuus, uppoutuminen, reaaliaikaisuus, pysyvyys sekä sisällön luominen, säilyttäminen ja jakaminen. Seuraavassa kuvataan tarkemmin näitä ominaisuuksia.

Verkostoituneiden tietokoneiden avulla ylläpidetty tarkoittaa, että virtuaalimaailma pysyy pystyssä tietokoneverkoston avulla. Esineet, ympäristöt, keskustelut, sosiaalinen vuorovaikutus ja ihmisten ryhmät tallennetaan tietoverkkoon reaaliaikaisesti. (Bell, 2008.)

Usean käyttäjän jakamassa tilassa käyttäjät ovat tietoisia toisistaan ja tilasta, joka näyttäytyy samanlaisena kaikille samassa paikassa oleville (Reis et al., 2010). Jaettu tila tukee maantieteellisesti erillään olevien käyttäjien vuorovaikutusta (Mueller, Hutter, Fueller & Matzler, 2011). Tietoisuus tilasta, kohteiden etäisyyksistä ja jaetusta olemassaolosta muodostavat käyttäjälle vaikutelman ympäristöstä (Bell, 2008). Maailman mittakaava on tavallisesti suurempi kuin tietokoneen näytöllä kulloinkin näkyvä ja laajenee horisontin ja mielikuvituksen rajojen yli (Bell, 2008).

Avatar on käyttäjän digitaalinen edustaja virtuaalimaailmassa (Mueller et al., 2011). Avatar on joko graafinen tai kirjallinen virtuaalinen edustus, jolla on kyky demonstroida erilaisia toimia ja jota käyttäjä kontrolloi reaaliaikaisesti (Bell, 2008). Käyttäjä vuorovaikuttaa virtuaalimaailman ja toisten käyttäjien kanssa luomansa avataren kautta (de Freitas, 2008). Käyttäjä määrää mitä avatar tekee ja avatar suorittaa toimet käyttäjän puolesta, esimerkiksi puhuu naapurille (Bell, 2008). Avatar mahdollistaa yksilöllisen ja yhteisöllisen eri identiteettien kokeilun ja erilaiset roolileikit (Warburton, 2009).

Vuorovaikutus voi tapahtua käyttäjän ja tilan tai toisten käyttäjien välillä. Vuorovaikutus tilan kanssa tarkoittaa, että käyttäjällä on mahdollisuus muuttaa, kehittää ja rakentaa uutta ja olemassa olevaa sisältöä ja luovuttaa sisältöä toisille käyttäjille (Reis et al., 2010). Virtuaalimaailma mahdollistaa sosiaalisen vuorovaikutuksen yksilöiden ja yhteisöjen välillä, käyttäjän ja objektien välillä tai vain objektien välillä (Warburton, 2009). Virtuaalimaailma tarjoaa runsaan valikoiman kommunikaatiokanavia, esimerkiksi kolmiulotteiset visualisoinnit, ääni, teksti ja kehonkieli (Mueller et al., 2011).

Yhteistyö ja sosiaalisuus tarkoittavat, että käyttäjät muodostavat virtuaalimaailman keskiön (Bell, 2008). Käyttäjät vuorovaikuttavat toistensa kanssa ja käyttäjien teot vaikuttavat koko yhteisöön (Bell, 2008). Virtuaalimaailmassa toiminnan painopisteessä on yhteistyö ja yhteisön rakentaminen (de Freitas, 2008), kommunikaatio toisten kanssa, työskentely ryhmissä ja yhteisöjen luominen (Reis et al., 2010). Käyttäjät voivat muodostaa lyhyt- tai pitkäkestoisia sosiaalisia ryhmiä (Bell, 2008). Yhteisöllinen läsnäolo tukee yhteenkuuluvuuden tunnetta yleensä sekä erilaisten alakulttuurien ja esimerkiksi maantieteellisten tai kulttuuristen ryhmien merkitystä (Warburton, 2009).

Kolmiulotteiset kokemukset ja visuaalisuus antavat käyttäjälle vaikutelman oikeasti kaksikulotteisen ympäristön kolmiulotteisuudesta. Tämä vaatii usein myös kolmiulotteisen käyttöliittymän (de Freitas, 2008). Käsitteet lähellä ja kaukana ovat mahdollisia, samoin maantieto ja maasto (Bell, 2008). Virtuaalimaailmassa on mahdollista esittää

autenttista sisältöä sekä sisältöä, joka voi olla reaali maailmassa historiallisesti kadonnut, fyysisesti liian kaukana, liian kallis toteuttaa, kuvitteellista, tulevaisuuteen sijoittuva tai mahdotonta nähdä ihmissilmällä (Warburton, 2009).

Uppoutuminen tarkoittaa, että käyttäjän tulee tuntee uppoutuvansa virtuaaliympäristöön ja täysin keskittyvänsä tehtäviin, joita suorittaa. Visuaalisesti kolmiulotteinen ympäristö ja käyttäjää edustava virtuaalinen avatar yhdessä aiheuttavat käyttäjälle voimakkaan läsnäolon tunteen virtuaalimaailmassa. (de Freitas, 2008.)

Reaaliaikaisuus tarkoittaa, että virtuaalimaailma sallii reaaliaikaisen vuorovaikutuksen käyttäjän ja maailman välillä (Reis et al., 2010) sekä käyttäjien reaaliaikaisen vuorovaikutuksen toistensa kanssa (Mueller et al., 2011). Jaetut toiminnot ja yhteistyö edellyttävät reaaliaikaista kommunikointia (Bell, 2008).

Pysyvyys tarkoittaa, että virtuaalimaailmaa ei voi pysäyttää, vaan se on olemassa, vaikka käyttäjä ei olisikaan kirjautuneena sisään (Bell, 2008). Käyttäjä tietää, että maailma toimii myös hänen poissa ollessaan (Bell, 2008). Käyttäjä ei ole enää toiminnan keskipiste, vaan ainoastaan yksi vaikuttaja dynamisessä ja kehittyvässä yhteisössä (de Freitas, 2008). Vaikka kukaan ei käyttäisikään virtuaalimaailmaa, sovellus muistaa henkilöiden ja esineiden sijainnit sekä esineiden omistussuhteet (Mueller et al., 2011). Virtuaalimaailman pysyvyys mahdollistaa palautteen ja reaaliaikaisen toiminnan maailmassa (Reis et al., 2010; de Freitas, 2008).

Käyttäjän luoman digitaalisen sisällön sisällyttäminen ja jakaminen mahdollistaa uuden sisällön tuottamisen, esimerkiksi oppimisympäristöjen ja niiden esineiden luomisen ja omistamisen (Warburton, 2009). Käyttäjät voivat jakaa luomaansa tai omistamaansa sisältöä muiden kanssa (de Freitas, 2008), myös kolmiulotteista vuorovaikutussisältöä (Mueller et al., 2011).

3.3. Oppimista tukevia ominaisuuksia

Oppimisessa käytettäviä kognitiivisia prosesseja ovat esimerkiksi tarkkaavaisuus ja havainnot, havaitun tulkitseminen ja ymmärtäminen, informaation tietorakenteeseen liittäminen ja muistiin painaminen sekä muistista palauttaminen. Dieterle ja Clarke (in press) huomauttavat, että kognitiiviset prosessit eivät nykykäsityksen mukaan esiinny vain yksilön aivoissa, vaan jakautuneena useamman ihmisen kesken, ulkoisissa kognitiivisissa artefakteissa, ryhmissä, sekä tilassa ja ajassa. Toisin sanoen, opetuksessa toiminnan henkiset kuormat jakautuvat **fyysisesti**, **sosiaalisesti** ja **symbolisesti** ihmisten ja heidän käyttämiensä työkalujen välillä (Dieterle & Clarke, in press). Fyysisesti kognitio voidaan jakaa esimerkiksi käyttämällä portfoliota, joka on sekä ajattelun väline että tallenne oppimisesta ja oppimisprosessista. Sosiaalinen kognition jakaminen vaatii ensin kognition fyysisen jakamisen. Monimutkaisesta ilmiöstä otetaan selvää yhdessä, kukin oppilas omasta osuudestaan, jotka yhdistetään kokonaisuudeksi. Muodostunutta kokonaisuutta arvioidaan ja siitä keskustellaan yhteisymmärryksen saavuttamiseksi.

Symbolinen kognition jakaminen on yleensä edellisten tulosta. Symbolisesti kognitiota jaetaan matemaattisten mallien, erikoissanastojen, diagrammien tai käsitekarttojen avulla. (Dieterle & Clarke, in press.)

Virtuaalimaailmojen ominaisuuksien on tutkimuksissa havaittu tukevan oppimisessa tärkeitä kognitiivisia prosesseja ja todettu lisäävän myös oppijan motivaatiota. Kirjallisuudessa useimmin mainitut ominaisuudet ovat kolmiulotteisuus, ja visuaalisuus, vuorovaikutus ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa, yhteistyö, sosiaalisuus ja yhteisöt sekä uppoutuminen ja läsnäolo. Näitä ominaisuuksia tarkastellaan seuraavassa lähemmin.

3.3.1. Kolmiulotteisuus, tiedon visualisointi ja simulaatiot

Useat tutkijat mainitsevat esimerkiksi virtuaalimaailmojen kiinnostavat, kolmiulotteiset graafiset ympäristöt ja esineet (Saleeb ja Dafoulas, 2010a), tiedon visualisoinnin (Richards, Szilas, Kavakli & Dras, 2008; Bailenson et al., 2008) ja kolmiulotteisen graafisen käyttöliittymän (Dalgarno & Lee 2010).

Tutkijat väittävät, että rikas mediaympäristö mahdollistaa käyttäjien luovuuden ja uuden tuottamisen ja oppijoiden aktiivisen toiminnan (Jarmon, Traphagan, Mayrath & Trivedi, 2009). Koska virtuaalimaailmojen sisältö tai oppijoiden toimet eivät ole ennalta määrättyjä, oppijat voivat itse kontrolloida ympäristöä, rakentaa ja muokata esineitä (Reis et al., 2010). Kohteita ja tilanteita voidaan lisäksi katsoa ja tutkia useista katselukulmista, kuten erittäin läheltä, kohdistetusti johonkin yksityiskohtaan, kaukaa suhteutettuna muuhun ympäristöön, lintuperspektiivistä tai vaikka esineen sisäpuolelta (Bailenson et al., 2008). Näin kolmiulotteiset virtuaaliset oppimisympäristöt ja simulaatiot kehittävät oppijoissa parempaa avaruudellista tietämystä (Dalgarno & Lee, 2010). Bailenson et al. (2008) lisäävät, että virtuaalimaailmassa kohteita ja rakennelmia voidaan luoda, muokata ja kääntää lähes rajattomasti ja näin helpommin ymmärtää visuaalisesti esitettyjä abstrakteja käsitteitä.

Mueller et al. (2011) toteavat, että virtuaalimaailmassa on mahdollista visualisoida ideoita, ratkaisuja tai käsitteitä, joita on vaikea kuvailla sanallisesti. Tästä syystä virtuaalimaailmat tukevat vaikeasti artikuloitavan tiedon luomista ja välittämistä (Mueller et al., 2011). Dalgarnon (2002) mukaan virtuaalimaailmoissa on mahdollista mallintaa kolmiulotteisesti abstrakteja käsitteitä ja käyttää virtuaalimaailmaa monimutkaisten tietorakenteiden kolmiulotteisena rajapintana.

Virtuaalimaailmassa on mahdollista hyödyntää sellaisia autenttisia ja kokemuksellisia oppimistilanteita, joita on vaikea toteuttaa perinteisessä luokkahuoneopetuksessa (Dieterle & Clarke, in press; Dalgarno & Lee, 2010; Mancuso, Chlup & McWhorter, 2010). Virtuaalimaailmoihin voidaan rakentaa mielikuvituksellisia, vaarallisia, historiallisia tai saavuttamattomia paikkoja (Saleeb & Dafoulas, 2010a). Tyypillisesti tällaisia paikkoja ei voi toteuttaa turvallisesti, kustannustehokkaasti tai

oppimistavoitteisiin sopiviksi (Dieterle & Clarke, in press; Mancuso et al., 2010). Tällaisista paikoista Gamage, Tretiakov ja Crump (2011) mainitsevat esimerkiksi molekyylihallit, ihmisen anatomian tutkiminen sisältä päin, tai kadonneiden maailmojen kuten dinosaurusten ja niiden elinpiirien mallinnus. Autenttiset kokemukset auttavat oppilaita ymmärtämään paremmin erilaisia prosesseja, esimerkiksi ydin- tai vesivoimalaa, joita on vaikea havainnollistaa luokkatilassa muulla tavoin (Gamage et al., 2011).

Eräs mielenkiintoinen näkökulma tiedon visualisointiin ovat erilaiset simulaatiot. Tutkijoiden mukaan juuri virtuaalimaailmojen realistisuus mahdollistaa reaaliympäristön tilanteiden simuloimisen (Reis et al., 2010). Dalgarno (2002) on luokitellut erilaiset simulaatiot neljään kategoriaan: 1) vaikeasti saavutettavien paikkojen simulaatiot, 2) mikroskooppisten ympäristöjen simulaatiot, 3) muuttuvaa toimintaa sisältävien fyysisten ympäristöjen simulaatiot ja 4) vaarallisten tai kalliiden ympäristöjen harjoitussimulaatiot. Simulaatio voi esimerkiksi olla kohdan kolme mukainen vuorovaikutteinen simulaatio, joka sallii oppilaan testata kahta tai useampaa muuttujaa ja havaita, kuinka ne vaikuttavat ilmiöön tai kohteen olemukseen (Cirulis & Ginters, 2009). Toinen yleinen tapa toteuttaa simulaatio virtuaalimaailmassa on rakentaa harjoitussimulaatio, jossa oppijat voivat toimia eri rooleissa. Tämä on erittäin käyttökelpoista erityisesti riskialttiiden tehtävien harjaannuttamisessa ilman riskiä, kuten pelastustehtävät tai vaarallisten aineiden käsittely. Esimerkiksi lääketieteen opiskelijat pääsevät harjoittelemaan todellisia tilanteita nopeammin simuloiduilla kuin oikeilla potilailla. Simulaatioissa tehtäviä voidaan myös toistaa rajattomasti.

Gamage et al. (2011) toteavat, että virtuaalimaailmassa voidaan simuloida erilaisia tiloja ja tilanteita todentuntuisesti niin, että niissä voidaan myös toimia todentuntuisesti. Herrington, Reeves ja Oliver (2007) toteavat, että virtuaalitekniikalla voidaan luoda esimerkiksi niin realistisen tuntuista lentosimulaatioita, että ihmiset reagoivat spontaanisti ja automaattisesti aivan kuin virtuaaliympäristö olisi todellinen ympäristö. Toisaalta, kuten useat tutkijat myöntävät, virtuaalinen simulaatio ei täysin korvaa reaaliympäristön autenttista kokemusta.

Simulaatiot ja visuaalinen informaatio tekevät oppimisesta tehokasta. de Freitas (2008) sanoo, että tutkimusten mukaan aivot ovat kokonaan aktivoituneina, kun pelaamme pelejä, ja toisaalta vain osittain aktivoituneina, kun opimme perinteisillä tavoilla. Tutkimukset osoittavat, että toisen suorituksen seuraaminen aktivoi samoja neuroneja, kuin itse tekeminen, ja tämä voi ainakin osittain selittää sen, miksi simulointi ja visuaalinen informaatio, tekemällä oppiminen ja matkiminen ovat tehokkaita oppimisen välineitä (de Freitas, 2008). Opimme sekä itse tekemällä että seuraamalla muiden tekemistä ja toistamalla sitä.

Honey, Connor, Veltman, Bodily, ja Diener (2011) puolestaan toteavat, että simulaatioiden tapaa tukea oppimista voidaan kuvata kognitiivisten, psykomotoristen ja tunteisiin liittyvien käsitteiden kautta. Heidän mukaansa reaaliympäristössä simulaatiot

tukevat tiedonhankintaa ja ajatteluprosesseja (kognitiot), mutta virtuaalimaailmoissa simulaatioilla voidaan tukea myös psykomotorisia taitoja, kuten kliinisiä kädentaitoja. Lisäksi autenttiset simuloidut ympäristöt, joihin oppija voi uppoutua tehokkaasti, mahdollistavat aidon tunteisiin vaikuttavan oppimisen (Honey et al., 2011).

3.3.2. Osallistujien vuorovaikutus ja yhteistyö

Virtuaaliympäristössä vuorovaikutuksella voidaan tarkoittaa kahta asiaa, joko käyttäjän vuorovaikutusta ympäristön kanssa tai käyttäjien välistä vuorovaikutusta. Toiset käyttäjät ja vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa mainitaan yhtenä keskeisimmistä virtuaalimaailmojen piirteistä (Bailenson et al., 2008; Richards et al., 2008). Toisten käyttäjien kanssa on mahdollista muodostaa verkostoja (Saleeb & Dafoulas, 2010a), ja tehdä monialaista ja maantieteelliset rajat ylittävää yhteistyötä (Mancuso et al., 2010; Omale, Hung, Luetkehans & Cooke-Plagwitz, 2009).

Edellisessä luvussa käsiteltiin vuorovaikutusta ympäristön ja erilaisten kohteiden kanssa. Kuitenkin, usein vuorovaikutuksessa ovat mukana sekä ympäristö että toiset käyttäjät yhtäaikaaisesti. Muun muassa Mueller et al. (2011) toteavat, että virtuaaliympäristöt ovat mediarikkaita siinä merkityksessä, että ne mahdollistavat vuorovaikutuksen monen aistikanavan kautta. Tämä ja samassa tilassa oleminen toisten käyttäjien kanssa tekee tiedon vaihdosta helpompaa (Mueller et al., 2011). Petrakou (2010) toteaa, että virtuaalimaailma tarjoaa mahdollisuuden hyvään reaaliaikaisen kommunikaatioon ja asettaa opiskelijat samalla avaruudellisesti ympäristönsä mittasuhteisiin. Warburtonin (2009) mielestä esineistä ja ihmisistä rikas maisema ja esineiden ja ihmisten välinen suhde voisi selittää, miksi virtuaalimaailmat ovat niin onnistuneita. Warburton puhuu sosiaalisista objekteista, joiden ympärille ihmiset voivat kokoontua ja luoda sosiaalisia tiloja, ja joiden kautta käyttäjät voivat jakaa yhteistä kiinnostustaan (Warburton, 2009). Hän jatkaa, että juuri nämä esineet synnyttävät keskustelua, joka ylläpitää elämää virtuaalimaailmassa.

Yksi keskeisimmistä virtuaalimaailman ominaisuuksista ovat erilaiset tilannekohtaiset ja sosiaaliset ympäristöt (*situated and social environments*), jotka vaativat osallistujilta merkittävää persoonallista panosta (Mancuso et al., 2010; Saleeb & Dafoulas, 2010a) sekä yhteisöllisyyttä tukevat jaetut tilat (Dalgarno & Lee, 2010). Esimerkki tällaisesta tilasta voisi olla vaikka roolipeli-simulaatio. Gooda, Howland ja Thackray (2008) toteavat roolipeli-simulaatioista, että virtuaalimaailmat tarjoavat oppimiseen vahvan sosiaalisen ulottuvuuden, koska useampi avatar voi osallistua simulaatioon samanaikaisesti. Fyysisten ja roolipeli-simulaatioiden yhdistelmä mahdollistaa oppijoiden yhtäaikaisten vuorovaikutuksen sekä fyysisten kohteiden että toistensa kanssa (Gooda et al., 2008).

Virtuaalimaailmassa käyttäjän edustajana on animoitu avatar, joka lisää liikkeitä ja eleitä teksti- tai äänipohjaiseen vuorovaikutukseen sekä sijoittuu kolmiulotteiseen

ympäristöön (Omale et al., 2009). Käyttäjät pystyvät liikkumaan ympäri virtuaalimaailmaa ja näkemään toisensa, ja tämä tuottaa kasvokkain tapahtuvan vuorovaikutuksen kaltaista vuorovaikutusta myös virtuaalimaailmassa (Omale et al., 2009).

Mueller et al. (2011) esittävät, että välitön ja avoin vuorovaikutus mahdollistaa reaali- ja virtuaalimaailmassa tärkeiden sääntöjen havaitsemisen myös virtuaalimaailmassa. Normaali käytös, kuten kävely tai juttelu kasvokkain, tukee luonnollista sosiaalista käytöstä, ja tämä lisää läheisyyden (*proximity*) kehittymistä, vaikka käyttäjät eivät ole toisilleen läsnä reaali- ja virtuaalimaailmassa. Normaali käytös auttaa ystävyys- ja suhteiden luomisessa ja ylläpitämisessä ja ystävyys, kunnioitus, luottamus ja hyväksyntä ovat sosiaalisen vuorovaikutuksen seurauksia. Avataren avulla käyttäjät tunnistavat toisensa ja yksilöt voivat muodostaa yhteisön, johon he tuntevat kuuluvansa maantieteellisistä etäisyyksistä riippumatta. (Mueller et al., 2011.)

Toisaalta, kun käyttäjän fyysinen persoonallisuus on suojassa avataren takana, käyttäjät voivat tehdä kokeiluja identiteetillään turvallisella tavalla. Avatarin takana on joskus helpompi olla rohkea ja sanoa mitä ajattelee (Mueller et al., 2011). Kokeiluista seuraa usein uusia näkökulmia ja ymmärrystä toisen asemaa kohtaan. Tästä on hyötyä erityisesti harjoittelusimulaatioissa: oppijat voivat kokeilla erilaisia identiteettejä ja rooleja tai harjoitella erityisen hankalia sosiaalisia tilanteita (Gooda et al., 2008).

Virtuaalimaailmojen on väitetty helpottavan yhteistyötä madaltamalla sosiaalisia rajoja ja vähentämällä sosiaalista ahdistusta (Jarmon et al., 2009). Sosiaaliset rajat esimerkiksi työnantajien ja työntekijöiden välillä voivat madaltua, koska virtuaalimaailmassa hierarkiat eivät ole yhtä tärkeitä kuin reaali- ja virtuaalimaailmassa (Mueller et al., 2011). Tämä helpottaa yrityksen sisäistä tiedonjakoa. Petrakou (2010) mainitsee, että hyvä sosiaalinen vuorovaikutus edellyttää mahdollisuutta kommunikoida ja vuorovaikuttaa myös epämuodollisesti ja ilman päämäärää. Mueller et al. (2011) toteavat, että epämuodollinen puhe (kokouksissa) lujittaa osallistujien välisiä suhteita. Lisäksi kirjoittajien mukaan yhteistyö virtuaalimaailmassa muistuttaa yhteistyötä reaali- ja virtuaalimaailmassa, josta voidaan vetää johtopäätös, että avatarien sosiaalinen vuorovaikutus vahvistaa yksilöllistä ja yhteisöllistä tiedon prosessointia virtuaalimaailmassa. Virtuaaliympäristöjen väitetään myös vahvistavan käyttäjien älyllistä ja emotionaalista itseluottamusta kehittämällä asiantuntemusta sekä yhteenkuulumisen tunnetta ja toisten auttamista (Mancuso et al., 2010).

Vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa mahdollistaa yhteisöllisen oppimisen (Petrakou, 2010). Lisäksi, jaettu ympäristö ja välitön vuorovaikutus mahdollistavat kertomusten jakamisen ja yhteisen historian luomisen, jotka johtavat yhteisöllisyyden tuntuun ja vahvistavat sitä. Tämä helpottaa uuden tiedon ymmärtämistä ja sen yhdistämistä olemassa olevaan tietoon (Petrakou, 2010). Myös uuden tiedon, ja erityisesti hiljaisen tiedon, saatavuus helpottuu koko yhteisössä (Mueller et al., 2011). Javidi (2001) toteaa, että vuorovaikutuksen sanotaan olevan oppimisessa keskeisempi tekijä kuin

uppoutuminen, ainakin tietyissä tehtävissä. Virtuaaliympäristössä vuorovaikuttaminen on helpompaa ja siksi tehokkaampaa kuin muun tyyppisissä oppimisympäristöissä. Javidi jatkaa, että perinteisessä opetuksessa oppijoiden edellytetään ensin omaksuvan monimutkaisia symboleita ennen kokonaisuuteen perehtymistä. Virtuaaliympäristöissä oppijat voivat heti perehtyä kokonaisuuksiin ja vuorovaikuttaa ympäristön kanssa konkreettisesti ja suoraan ilman symboleja (Javidi, 2001).

3.3.3. Uppoutuminen ja läsnäolo

Uppoutuminen (*immersion*) liitetään käsitteenä virtuaalimaailmoihin ja peleihin ja uppoutumista tutkitaan erityisesti käyttöliittymäsuunnittelussa ja pelitutkimuksessa. Vaikka ilmiönä uppoutuminen on tuttu, on kuitenkin epäselvää, mitä se tarkalleen on ja mikä sen aiheuttaa (Brown & Cairns, 2004). Uppoutumista on määritelty tilaksi, jossa käyttäjän kognitiot ja aistihavainnot on huijattu uskomaan, että käyttäjä on jossain muualla kuin missä hän fyysisesti sijaitsee (Brown & Cairns, 2004). Dede (2009) määrittelee uppoutumisen subjektiiviseksi vaikutelmaksi siitä, että käyttäjä osallistuu kokonaisvaltaiseen, todelliseen kokemukseen. Virtuaalimaailman todentuntuisuutta lisäävät ominaisuudet, kuten kolmiulotteisuus, tekstuurit, valo, ääni ja liike, voivat saada käyttäjät uppoutumaan ympäristöön (Bulu, 2011).

Uppoutuminen vaatii käyttäjältä halukkuutta eläytyä virtuaalimaailman ympäristöön. Eläytyminen on mahdollista, kun virtuaalimaailman suunnittelussa otetaan huomioon uppoutumisen tärkeät osa-alueet, jotka ovat aistivarainen, toiminnallinen ja symbolinen uppoutuminen. Mitä enemmän uppouttava suunnittelu yhdistelee eri strategioita, sitä helpompi käyttäjän on eläytyä ja kokea olevansa ”sisällä” virtuaalisessa ympäristössä (Dede, 2009). Dede määrittelee osa-alueet seuraavasti: **Aistinvarainen uppoutuminen** (*sensory immersion*) perustuu kokemukseen kolmiulotteisessa ympäristössä olemisesta. Kokemuksen syntyminen vaatii päälaitteen, stereoäänen, virtuaalitodellisuushuoneen ja tavan manipuloida kohteita. Nykyään vuorovaikutteinen media mahdollistaa eriasteista aistinvaraista uppoutumista ilman edellä mainittuja päälaitetta ja virtuaalitodellisuushuonettakin. **Toiminnallinen uppoutuminen** (*actional immersion*) voimaannuttaa käyttäjää ja mahdollistaa esimerkiksi lentämisen ja lintuperspektiivin, jotka eivät ole mahdollisia reaaliympäristössä. **Symbolinen uppoutuminen** (*symbolic immersion*) nousee voimakkaista psykologisista assosiaatioista ja kokemuksen merkityksistä. Esimerkiksi pelottava virtuaalinen vastustaja voi herättää käyttäjässä oikeaa pelkoa. Reaaliympäristön tapahtumien toistaminen syventää uppoutumista, koska käyttäjän uskomukset, tunteet ja arvot tulevat vedetyksi mukaan kokemukseen.

Brown ja Cairns (2004) ovat tutkineet uppoutumista pelien yhteydessä, mutta tulokset ovat sovellettavissa myös virtuaalimaailmoihin. Kirjoittajien mukaan uppoutuminen on mahdollista pelissä tai virtuaalimaailmassa saavutettavuutta tukevien

kontrollien, ympäristön todentuntuisuuden tai äänimaailmaan kautta. Uppoutumisella on syvyysasteita ja myös erilaisia esteitä. Kukin uppoutumisen aste on mahdollinen vasta, kun sen esteet on ylitetty. Esteiden poistaminen mahdollistaa uppoutumisen kokemuksen, mutta ei kuitenkaan takaa sitä. Kirjoittajat määrittelevät kolme uppoutumisen astetta: **sitoutuminen** (*engagement*), **mukaan tempautuminen** (*engrossment*) ja **täydellinen uppoutuminen** (*total immersion*).

Sitoutuminen on uppoutumisen ensimmäinen aste. Voittaakseen sitoutumisen esteet pelaajan on sijoitettava peliin aikaa, vaivaa ja huomiota. Ensimmäinen este on saavutettavuus, esimerkiksi pelaajan suhtautuminen tiettyä pelityyppiä kohtaan tai pelin kontrollit. Pelaajasta tulee kehittyä ekspertti vähintään keskeisten kontrollien käytössä. Toinen este on pelaajan peliin käyttämä aika ja panostus. Mitä kauemmin pelataan, sitä paneutuneempia pelaajista tulee. Panostus on energiaa, jonka pelaajat käyttävät oppiakseen pelaamaan ja vaivannäkö tulee myös palkita oikeassa suhteessa. Kolmanneksi, mitä enemmän tarkkaavaisuutta peli vaatii, sitä voimakkaamman ja palkitsevamman uppoutumisen se aiheuttaa. Kun edellä kuvatut esteet on ylitetty, pelaaja on kiinnostunut pelistä, sitoutunut peliin ja haluaa jatkaa pelaamista.

Mukaan tempautuminen on mahdollista, kun pelin visuaalisuus, kiinnostava tehtävä, hyvä suunnittelu tai muu hyvä ominaisuus välittyy pelaajalle ja ominaisuudet vaikuttavat suoraan pelaajan tunteisiin. Pelin rakenne voi estää tunteisiin vaikuttamisen ja mukaan tempautumisen. Peliin uhrattu aika, vaiva ja huomio aiheuttavat sen, että pelaaja on sijoittanut peliin myös huomattavan määrän tunteitaan, ja tämä saa pelaajat jatkamaan pelaamista. Pelaaja on vähemmän tietoinen ympäristöstään ja itsestään kuin aiemmin ja luopunut epäuskostaan pelimaailman suhteen.

Täydellinen uppoutuminen on läsnäoloa. Pelaajat kuvaavat tätä tilaksi, jossa he ovat irti todellisuudesta ja peli on ainoa tärkeä asia, joka vaikuttaa ajatuksiin ja tunteisiin. Esteitä täydelliselle uppoutumiselle ovat vähäinen myötäeläminen ja pelin ilmapiiri. Myötäeläminen vahvistuu pelaajan kiintyessä pelihahmoihin. Ilmapiiri saadaan aikaa samoilla tavoilla kuin pelin rakenne, eli grafiikalla, juonella ja relevanteilla pelin rakenteeseen ja pelihahmojen toimiin ja sijainteihin liittyvillä äänillä. Rakenne on tärkeä pelaajan huomion kannalta: kun pelaaja joutuu keskittymään sekä ääneen että kuvaan, peli vaatii enemmän huomiota, ja pelaaja myös uppoutuu enemmän. Uppoutumisen määrä korreloi tarkkaavaisuutta vaativien elementtien ja niiden määrän kanssa. Täydellinen uppoutuminen on kuitenkin vaikea saavuttaa, koska uppoutumisen tiellä voi olla useita joko pelistä, pelaajasta tai ympäristöstä johtuvia esteitä (Brown & Cairns, 2004).

Uppoutumisen ja **läsnäolon** (*presence*) käsitteet liittyvät toisiinsa. Lee, Wong ja Fung (2010) sanovat, että tutkimusten mukaan läsnäololla tarkoitetaan käyttäjän reaktiota uppoutumiseen ja sen eri asteiden tuottamaa vastavaikutusta. Läsnäolo on sisäinen psyykkinen prosessi, joka on seurausta siitä, mitä käyttäjät näkevät ja kuulevat virtuaali-maailmassa ja miten uppoutuneita he siihen ovat (Lee et al., 2010).

Bulu (2011) kuvailee läsnäoloa kolmesta näkökulmasta, jotka ovat **läsnäolo tilassa** (*place presence*), **sosiaalinen läsnäolo** (*social presence*) ja **yhteisläsnäolo** (*co-presence*). Läsnäolo tilassa vaatii käyttäjältä paneutumista ja uppoutumista. Mitä enemmän paneutumista ja uppoutumista, sitä enemmän läsnäolon vaikutelmaa. Sosiaalisen läsnäolon käsite on syntynyt verrattaessa eri vuorovaikutusmedioita kasvotusten tapahtuvaan kommunikointiin ja toisiinsa. Keskeinen oletus on, että sosiaalinen läsnäolo kasvaa ja kehittyy siirryttäessä tekstipohjaisesta vuorovaikutuksesta kasvokkaiseen. Sosiaalinen läsnäolo on käyttäjien kokemus mediasta, joka yhdistää heidät toisiinsa ja mahdollistaa sosiaalisen, lämpimän ja läheisen vuorovaikutuksen (Lombard & Ditton, 1997). Yhteisläsnäolo laajentaa läsnäoloa tilassa keskittyen tilaa enemmän henkilöiden psykologisiin yhteyksiin ja yhdessä olemiseen. Käyttäjät ovat toisilleen saavutettavia ja läsnä olevia subjekteja. Yhteisläsnäolon kokemukselle on keskeistä yhteisöllisyys ja keskinäinen vuorovaikutus ryhmänä.

Javidi (2001) toteaa tekemänsä tutkimuksen johtopäätöksenä, että ympäristöön uppoutunut käyttäjä voi vuorovaikuttaa virtuaaliympäristön kanssa lähes yhtä luonnollisen tuntuiseksi kuin reaali maailman kanssa. Javidin mukaan uppoutuminen aiheuttaa myös sen, että tiukat toimijan ja kohteen roolit katoavat oppijoiden ja oppimisen väliltä. Lisäksi uppoutuminen mahdollistaa ei-symbolisen, suoran ja luonnollisen vuorovaikutuksen virtuaali maailman kanssa. Clarke ja Dede (2005) toteavat, että uppoutuminen mahdollistaa oppilaiden muuttumisen passiivisista tiedon tarkkailijoista aktiivisiksi tieteellisen tiedon kokijoiksi ja muokkaajiksi. Johtopäätöksenä kirjoittajat väittävät, että välitetyn uppoutumisen ansiosta virtuaaliympäristöt muokkaavat oppilaiden oppimistyyplejä milleniaaleista kohti neomilleniaaleja tyyplejä.

Lee et al. (2010) tekemän tutkimuksen johtopäätöksissä todetaan, että uppoutuminen ja läsnäolo vaikuttavat oppimiskokemuksiin ja -tuloksiin. Tutkimuksen tulosten mukaan mitä paremmat virtuaali maailman ominaisuudet ja käyttäjän kontrolli ovat, sitä enemmän läsnäoloa käyttäjä kokee ja sitä paremmat oppimistulokset on mahdollista saavuttaa (Lee et al., 2010). Omale et al. (2009) tutkivat läsnäolon merkitystä tutkimassa yhteisössä (*Community of Inquiry, CoI*). Tutkimuksen mukaan onnistuneeseen oppimiskokemukseen tarvitaan **kognitiivista**, **sosiaalista** ja **opetuksellista** läsnäoloa. Kognitiivinen läsnäolo sisältää osallistujien merkityksellistä vuorovaikutusta yhteisössä, sekä reflektointia ja kriittistä ajattelua. Vuorovaikutus sisältää ideoiden yhdistelyä, asiaan liittyvien kokemusten jakamista, uteliaisuutta ja uusien ideoiden omaksumista (Burgess, Slate, Rojas-LeBouel & LaPrairie, 2009). Sosiaalisella läsnäololla tarkoitetaan osallistujien kykyä ilmaista itseään sosiaalisesti ja emotionaalisesti kuten todelliset ihmiset (Omale et al., 2009). Sosiaalinen läsnäolo tukee oppimisen kognitiivisia tavoitteita ja on siksi erityisen tärkeää. Se tukee myös yhteistyötä ja ryhmän yhteenkuuluvuuden tunnetta (Burgess et al., 2009). Opetuksellisen läsnäolon tavoitteena on toteuttaa henkilökohtaisesti merkityksellistä ja koulutuksellisesti tarkoituksenmukaista oppimista ja oppimistuloksia

(Omale et al., 2009). Tähän päästään suunnittelemalla ja helpottamalla kognitiivisia ja sosiaalisia prosesseja oppimista tukeviksi.

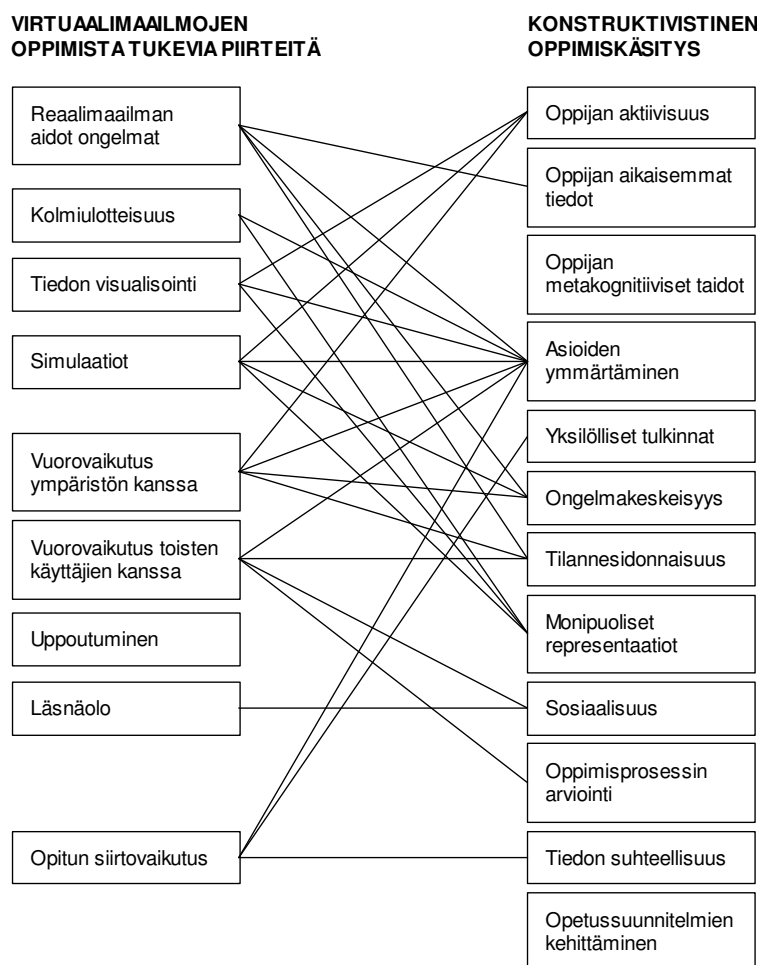
3.3.4. Yhteenveto oppimista tukevista ominaisuuksista

Lee et al. (2010) tekemän tutkimuksen mukaan oppilaiden virtuaalimaailman oppimistilanteissa havaitsemia kognitiivisia etuja olivat muun muassa parempi asioiden muistaminen, ymmärtäminen ja soveltaminen ja parempi yleisnäkemyks opeteltavasta asiasta. Oppijoiden kognitiiviset prosessit kietoutuvat tiukasti yhteen tunteiden ja motiivien kanssa. Edellä kuvatut virtuaalimaailmojen oppimista ja kognitioita tukevat ominaisuudet ovat useiden tutkijoiden mukaan myös oppijoita motivoivia ominaisuuksia. Esimerkiksi Javidi (2001) toteaa, että virtuaalimaailmojen ääni- ja visuaaliset ympäristöt ovat täydellisen uppouttavia ja sitouttavia, sekä kognitiivisesti että tunnevaltaisesti, ja siten motivoivia. Useat muutkin tutkijat ovat havainneet, että kolmiulotteiset virtuaaliset oppimisympäristöt mahdollistavat oppimiskokemuksia, jotka johtavat kasvaneeseen motivaatioon ja sitoutuneisuuteen (Dalgarno & Lee, 2010; Jarmon et al., 2009; Mancuso et al., 2010; Wrzesien & Raya, 2010; Lee et al., 2010).

Läsnäolon tuntu ja vuorovaikutus ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa vahvistavat kokemuksen tunnepitoisuutta, elämyksellisyyttä ja motivoivuutta (Warburton, 2009). Myös Gamage et al. (2011) toteavat, että jaettu tietoisuus, yhteisläsnäolo ja käyttäjien välinen emotionaalinen yhteys on motivoivaa. Saleeb ja Dafoulas (2010a) mukaan reaali maailman ongelmien käsitleminen ja todellinen käytännöllinen harjoittelu on motivoivaa. Oppijat voivat löytää, luoda ja esittää tietoa tavoilla, jotka helpottavat vaikeiden asioiden ymmärtämistä ja opittujen taitojen siirtämistä reaali maailmaan (Reis et al., 2010; Dalgarno & Lee, 2010; Mancuso et al., 2010). Choi ja Baek (2011) toteavat, että virtuaalisissa simulaatioissa voidaan saada kokemuksia, jotka oikeasti herättävät oppilaan sitoutumista ja motivaatiota.

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen ja virtuaalimaailmojen oppimista tukevien ominaisuuksien väliltä on löydettävissä runsaasti yhtymäkohtia. Kuvassa 4 on havainnollistettu luvusta 3.3 poimittujen virtuaalimaailmojen oppimista tukevien piirteiden ja jo aikaisemmin kuvatun konstruktivistisen oppimiskäsityksen välisiä yhteyksiä. Kuvasta voidaan nähdä, että yhtymäkohtia on runsaasti. Useat virtuaalimaailmojen ominaisuudet tukevat asioiden ymmärtämistä. Mahdollisuus käsitellä reaali maailman todellisia ongelmia ja hyödyntää opitun siirtovaikutusta virtuaalisesta kokemuksesta reaali maailmaan vastaaviin tilanteisiin sekä virtuaalimaailmojen kolmiulotteisuus, tiedon visualisointi, simulaatiot ja vuorovaikutus ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa tukevat asioiden ymmärtämistä. Oppijan aktiivisuus on toinen virtuaali maailmassa hyvin toteutuva käytäntö. Tiedon visualisointi, simulaatiot ja vuorovaikutus ympäristön kanssa mahdollistavat oppijan oman aktiivisuuden. Lisäksi virtuaalimaailmojen visuaaliset ja vuorovaikutukselliset ominaisuudet tukevat oppimisen

ongelmakeskeisyyttä ja tilannesidonaisuutta, monipuolisia representaatioita ja käyttäjien välistä sosiaalisuutta.



Kuva 4. Virtuaalimaailmojen oppimista tukevien piirteiden ja konstruktivistisen oppimiskäsityksen yhtymäkohtia.

Tässä luvussa on kuvailtu virtuaalimaailmojen hyviä puolia sekä virtuaalimaailmojen ominaisuuksia ja mahdollisuuksia opetuskäytössä. Virtuaalimaailmojen käyttämiseen yleensä ja erityisesti opetuksessa liittyy myös paljon todellisia esteitä. Esimerkiksi Warburton (2009) huomauttaa, että virtuaalimaailmat on monimutkaisia ympäristöjä, joihin liittyy sekä teknisiä että sosiaalisia esteitä. Warburtonin (2009) mukaan tekniset esteet liittyvät käytettyihin laitteistoihin, nettiyhteyksiin ja palomuuereihin, jotka vaikuttavat yksilöiden toimintamahdollisuuksiin ja kokemuksiin virtuaalimaailmassa. Virtuaalimaailman leikinomaisuus voi haitata käyttäjän vakavasti otettavan identiteetin muodostamista ja luottamukseen perustuvien suhteiden luomista muiden käyttäjien kanssa. Lisäksi yhteisöjen löytäminen, niihin liittyminen ja niissä toimiminen ei aina ole ongelmaton. Yhteistyö ja yhdessä toimiminen perustuu yhteisön jäsenten luotettavaan tunnistamiseen ja keskinäiseen luottamukseen, lisäksi tarvitaan yhteistyötä tukevia käytäntöjä ja työkaluja. Virtuaalimaailmassa toimiminen vie myös usein paljon aikaa ja

vaatii monipuolisia taitoja, erityisesti opetusympäristöjen suunnittelu ja toteutus (Warburton, 2009). Sekä Mancuso et al. (2010) että Saleeb ja Dafoulas (2010a) toteavat, että teknisten haasteiden lisäksi virtuaalimaailmojen käyttöä vaikeuttaa se, että uusien käyttäjien on opeteltava suuri määrä virtuaalimaailman käyttöliittymään, työkaluihin sekä käytännöllisiin ja sosiaalisiin toimintatapoihin liittyviä asioita heti käytön alussa. Stevens (2007) huomauttaa, että Second Life on pienen ryhmän eli Linden Labin, joka on Second Lifen perustaja- ja omistajayritys, hallitsema diktatuuri ja ryhmän liiketoimintaa, joka saattaa aiheuttaa Second Lifen ominaisuuksiin ja käyttöehtoihin suuriakin muutoksia riippuen omistajien intresseistä.

Virtuaalimaailmojen käyttöön liittyy siis monia puolia, jotka on hyvä tiedostaa ja ottaa huomioon erityisesti opetuskäytössä. Tässä tutkielmassa ei kuitenkaan paneuduta virtuaalimaailmojen tai Second Lifen käytön esteisiin tämän syvällisemmin. Aihe on varsin laaja ja monipuolinen, ja perusteellisempi aiheen käsittely ei ole tässä yhteydessä mahdollista.

4. Arviointikriteerit

Seuraavaksi pyritään muodostamaan kriteeristö, jonka avulla virtuaalimaailman erilaisia oppimistilanteita olisi mahdollista arvioida tiedonrakentelun näkökulmasta. Kriteeristö perustuu luvussa 3.3 kuvattuihin virtuaalimaailmojen oppimista tukeviin ominaisuuksiin ja niiden tarkempiin kuvauksiin. Seuraavassa taulukossa 4 on esitetty virtuaalimaailmojen ominaisuudet. Kutakin ominaisuutta on tarkennettu poimimalla luvusta 3.3 konkreettisia väitteitä, jotka kuvailevat ja luonnehtivat virtuaalimaailman oppimistilanteita. Väitteet on numeroitu, jolloin niihin viittaaminen myöhemmin on helpompaa.

Taulukko 4. Virtuaalimaailmojen ominaisuudet ja niiden kuvaukset.

Ominaisuus	Kuvaus
Reaalimaailman aidot ongelmat	1. Oppimistilanteet voivat koskea reaalimaailman todellisia ongelmia (Saleeb & Dafoulas, 2010a).
Kolmiulotteisuus	1. Ympäristö ja esineet ovat kolmiulotteisia (Saleeb & Dafoulas, 2010a; Dalgarno & Lee, 2010). 2. Esineitä voidaan tarkastella useasta näkökulmasta (Bailenson et al., 2008).
Tiedon visualisointi	1. Esitetään tietoa kolmiulotteisesti (Richards et al., 2008). 2. Visualisoidaan kolmiulotteisesti abstraktia käsitettä tai ilmiötä (Bailenson et al., 2008). 3. Visualisoidaan ideoita, ratkaisuja tai käsitteitä, joita on vaikea kuvailla sanallisesti (Mueller et al., 2011). 4. Visualisoidaan erilaisia (tuotanto)prosesseja (Gamage et al., 2011). 5. Rakennetaan mielikuvituksellinen, vaarallinen, historiallinen tai saavuttamaton paikka (Saleeb & Dafoulas, 2010a).
Simulaatiot	1. Simulaatio on autenttinen ja uppouttava (Gamage et al., 2011; Herrington et al., 2007). 2. Simulaatio voi olla joko vaikeasti saavutettava paikka, mikroskooppinen ympäristö, muuttuvaa toimintaa sisältävä fyysinen ympäristö tai toiminnan harjoittelua vaarallisessa tai kalliissa ympäristössä (Dalgarno, 2002).
Vuorovaikutus ympäristön kanssa	1. Avatar sijoittuu virtuaalimaailman avaruudellisiin mittasuhteisiin (Petrakou, 2010; Omale et al., 2009). 2. Käyttäjät voivat rakentaa ja muokata esineitä (Reis et al., 2010). 3. Esineet ovat vuorovaikutteisia (Bailenson et al., 2008).
Vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa	1. Käyttäjät jakavat ympäristön keskenään (Dalgarno & Lee, 2010; Mueller et al., 2011; Petrakou, 2010). 2. Käyttäjät ovat tilassa, joka mahdollistaa sosiaalisen vuorovaikutuksen (Mancuso et al., 2010; Saleeb & Dafoulas, 2010a). 3. Tilassa on sosiaalisia objekteja, joiden ympärille muodostuu vuorovaikutusta (Warburton, 2009). 4. Käyttäjät voivat kommunikoida reaaliaikaisesti (Bailenson et al., 2008; Richards et al., 2008; Mueller et al., 2011; Petrakou, 2010; Gooda et al., 2008; Omale et al., 2009). 5. Käyttäjät voivat vuorovaikuttaa myös epämuodollisesti (Petrakou, 2010; Mueller et al., 2011; Jarmon et al., 2009; Omale et al., 2009). 6. Käyttäjät voivat kokeilla erilaisia rooleja (Mueller et al., 2011; Gooda et al., 2008).

Taulukko 4. Virtuaalimaailmojen ominaisuudet ja niiden kuvaukset, jatkuu seuraavalla sivulla

Taulukko 4. Virtuaalimaailmojen ominaisuudet ja niiden kuvaukset, jatkoa edelliseltä sivulta

Ominaisuus	Kuvaus
Uppoutuminen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ympäristön helppokäyttöisyys, kiinnostavuus ja todentuntuisuus mahdollistavat epäuskosta luopumisen ja aistinvaraisen uppoutumiseen (Bulu, 2011; Brown & Cairns, 2004; Dede, 2009). 2. Ympäristö on visuaalisesti tai tavoitteiltaan kiinnostava ja sallii käyttäjää voimaannuttavia toimintoja, jotka mahdollistavat toiminnallisen uppoutumisen (Brown & Cairns, 2004; Dede, 2009). 3. Käyttäjä voi luoda suhteita muihin käyttäjiin ja ympäristössä voidaan toistaa reaali maailman tapahtumia, joiden aikana käyttäjän uskomukset, tunteet ja arvot mahdollistavat symbolisen uppoutumisen (Brown & Cairns, 2004; Dede, 2009).
Läsnäolo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ympäristö on uppouttava ja mahdollistaa läsnäolon (Lee et al., 2010). 2. Ympäristö mahdollistaa sosiaalisen läsnäolon (Bulu, 2011). Media yhdistää käyttäjät toisiinsa ja mahdollistaa sosiaalisen vuorovaikutuksen (Lombard & Ditton, 1997). Käyttäjät voivat ilmaista itseään sosiaalisesti ja emotionaalisesti kuten todelliset ihmiset (Omale et al., 2009). 3. Ympäristö mahdollistaa yhteisläsnäolon, käyttäjät ovat toisilleen saavutettavia ja läsnä olevia subjekteja ja voivat tuntea yhteisöllisyyttä ja vuorovaikuttaa ryhmänä (Bulu, 2011; Saleeb & Dafoulas, 2010a; Mueller et al., 2011). Käyttäjät voivat luoda yhteistä historiaa ja jakaa kertomuksia (Petrakou, 2010) sekä auttaa toisiaan (Mancuso et al., 2010; Jarmon et al., 2009). 4. Ympäristö mahdollistaa kognitiivisen läsnäolon, käyttäjät voivat kommunikoida merkityksellisesti oppimisyhteisössä, reflektoida ja ajatella kriittisesti (Omale et al., 2009). Käyttäjät voivat prosessoida tietoa yksilöllisesti ja yhteisöllisesti (Mancuso et al., 2010; Jarmon et al., 2009). Ympäristö mahdollistaa uuden ja erityisesti hiljaisen tiedon saatavuuden (Mueller et al., 2011). 5. Ympäristö mahdollistaa opetuksellisen läsnäolon, henkilökohtaisesti merkityksellisen ja koulutuksellisesti tarkoituksenmukaisen oppimisen (Omale et al., 2009). Ympäristö mahdollistaa asiantuntemuksen ja älyllisen ja emotionaalisen itseluottamuksen kehittäminen (Mancuso et al., 2010).
Opitun siirtovaikutus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Virtuaalimaailmassa opittua voi hyödyntää reaali maailman vastaavissa tilanteissa (Reis et al., 2010; Dalgarno & Lee, 2010).

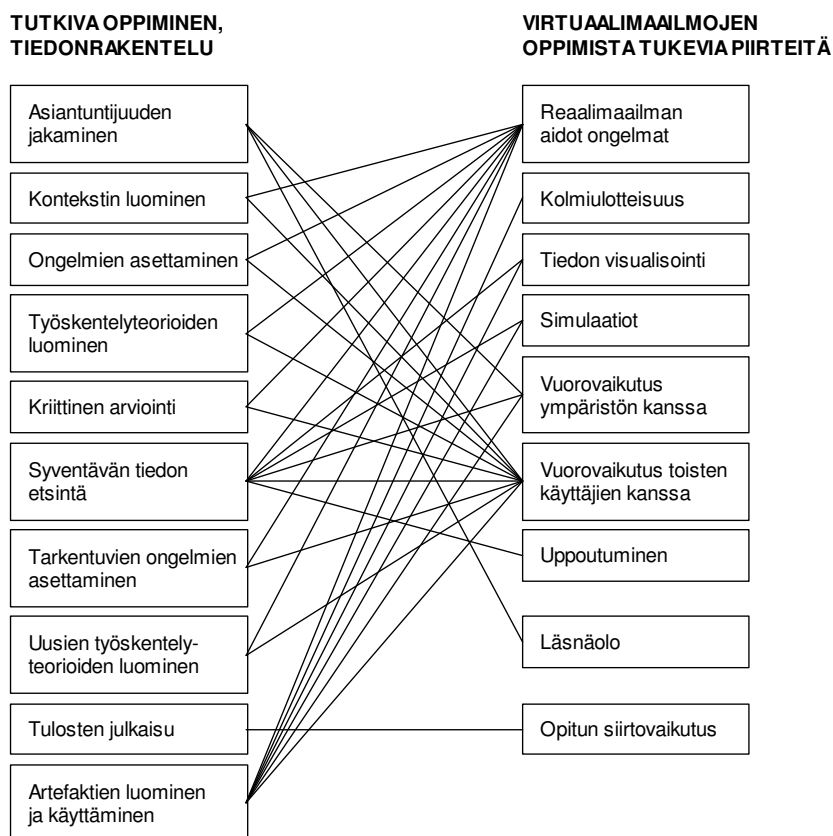
Luvussa 3.4 todettiin, että virtuaalimaailmojen kognitioita ja oppimista tukevat piirteet näyttäisivät sopivan hyvin konstruktivistisen oppimiskäsityksen opetus-käytäntöihin. Edellä esitettyä havaintoa on tässä työssä viety eteenpäin etsimällä tiedonrakentelun prosessien ja virtuaalimaailmojen oppimista tukevien ominaisuuksien yhteyksiä. Löydettyjä yhteyksiä havainnollistetaan kuvassa 5. Tästäkin kuvasta on löydettävissä runsaasti yhtymäkohtia tiedonrakentelun prosessien ja virtuaalimaailmojen oppimista tukevien ominaisuuksien välillä.

Ensiksi, asiantuntijuuden jakaminen liittyy vuorovaikutukseen ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa sekä läsnäoloon. Tiedonluomisvertauskuvan mukaan asiantuntijuus perustuu välittävien artefaktien kehittämiseen, muokkaamiseen ja käyttämiseen ja samalla asiantuntijuutta jaetaan välittävien artefaktien avulla.

Toiseksi, tiedonrakentelun neljä ensimmäistä vaihetta, kontekstin luominen, ongelmien asettaminen, työskentelyteorioiden luominen ja kriittinen arviointi liittyvät kaikki reaali maailman aitoihin ongelmiin ja vuorovaikutukseen toisten käyttäjien kanssa. Syventävän tiedon etsintä liittyy reaali maailman aitoihin ongelmiin, tiedon visualisointiin, simulaatioihin, vuorovaikutukseen ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa ja

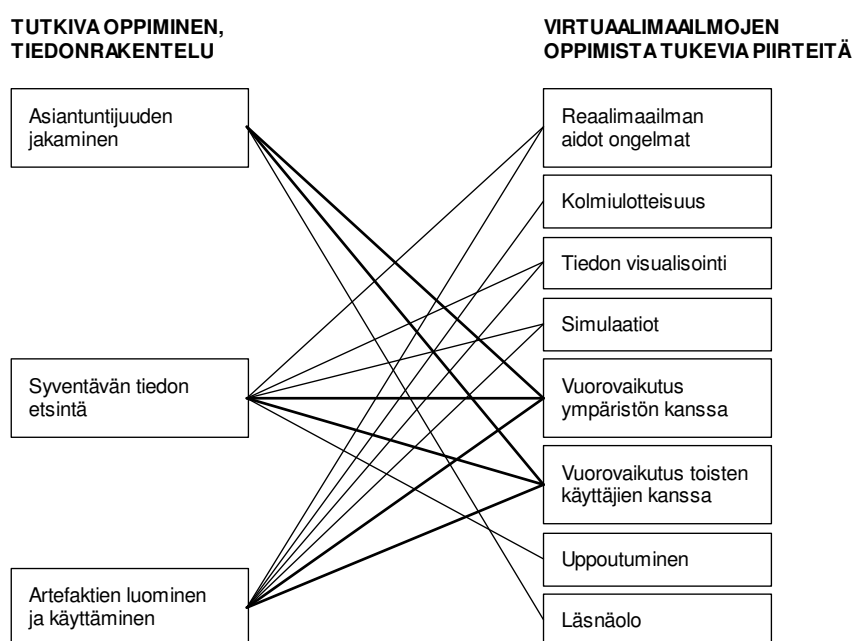
uppoutumiseen. Tiedonluomisvertauskuvan mukaan uuden tiedon löytäminen ja luominen on tiedonrakentelun ydin, ja yhteisen toiminnan tulos. Jälleen tärkeässä roolissa ovat välittävät artefaktit, joiden kautta yksilöiden ja yhteisön vuorovaikutus tapahtuu. Lisäksi tavoitteena on kehittää toiminnan kohteena olevia artefakteja yhteisöllisesti ja lisätä niiden arvoa. Yksilön ja maailman välinen vuorovaikutus perustuu myös artefakteihin ja niiden välittämään tietoon. Myöhemmin seuraavat vaiheet tarkentuvien ongelmien asettaminen ja uusien työskentelyteorioiden luominen liittyvät reaali maailman aitoihin ongelmiin ja vuorovaikutukseen toisten käyttäjien kanssa. Näissäkin tiedonrakentelun vaiheissa artefaktit ovat keskeisessä roolissa.

Kolmanneksi, artefaktien luominen ja käyttäminen liittyy reaali maailman aitoihin ongelmiin, kolmiulotteisuuteen, tiedon visualisointiin, simulaatioihin, ja vuorovaikutukseen ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa. Luvussa 2.2 kuvatun Paavola ja Hakkarainen (2008) tiedonluomisvertauskuvan mukaan juuri uudet materiaaliset tai käsitteelliset artefaktit ja uuden luominen ovat yhteisöllisen toiminnan ja tiedonrakentelun kohteena, joten on luonnollista, että artefaktit liittyvät useisiin virtuaali maailmojen ominaisuuksiin. Lopuksi, tulosten julkaisu liittyy opitun siirtovaikutukseen.



Kuva 5. Tiedonrakentelun ja virtuaali maailmojen oppimista tukevien piirteiden välisiä yhteyksiä.

Kaikki tiedonrakentelun prosessit perustuvat jaettuun asiantuntijuuteen, joten asiantuntijuuden jakaminen virtuaalimaailman oppimisprosessissa tulisi olla tärkeä arvioinnin kohde. Syventävän tiedon etsiminen, yhdisteleminen ja arvioiminen yhteisöllisesti, eli uuden tiedon monipuolinen luominen, on tiedonrakenteluprosessien ydintoimintaa, joten sen tulisi olla toinen tärkeä arvioinnin kohde. Tiedonluomisvertauskuva korostaa artefaktien merkitystä toisaalta toiminnan kohteena ja toisaalta yksilöiden ja yhteisöjen vuorovaikutuksen ja jaetun asiantuntijuuden välineinä. Artefaktien rooli virtuaalimaailman oppimisprosessissa tulisi olla kolmas arvioinnin kohde. Tiedonrakentelun prosesseista tärkeimmiksi arvioinnin kohteiksi nousevat siis asiantuntijuuden jakaminen ja syventävän tiedon etsintä, joissa molemmissa artefaktit ovat joko toiminnan välineinä tai kohteina. Näistä kolmesta tiedonrakentelun osatekijästä on myös eniten yhteyksiä virtuaalimaailman eri ominaisuuksiin, josta voisi päätellä, että virtuaalimaailmojen ominaisuudet vaikuttaisivat eniten juuri näiden tiedonrakentelun prosessien toteutumiseen. Kuvassa 6 on selvytyden vuoksi esitetty ainoastaan arvioinnin kohteiksi valitut tiedonrakentelun prosessit ja niitä vastaavat virtuaalimaailmojen ominaisuudet. Paksummilla viivoilla on korostettu, miten asiantuntijuuden jakaminen, syventävän tiedon etsintä ja artefaktien luominen ja käyttäminen liittyvät vuorovaikutukseen ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa.



Kuva 6. Arvioinnin kohteiksi valitut tiedonrakentelun prosessit ja niitä vastaavat virtuaalimaailmojen ominaisuudet.

Taulukossa 4 esitettyä kriteeristöä käytetään tarkistuslistana arvioitaessa virtuaalimaailman oppimistilanteita. Kutakin kuvassa 6 esitettyä virtuaalimaailman ominaisuutta ja sen toteutumista arvioidaan vertaamalla ominaisuuden konkreettista kuvausta

oppimistilanteen tapahtumiin Second Lifessa. Eri ominaisuuksien toteutumisen perusteella pyritään päättämään, miten hyvin kuvassa 6 esitetyt tiedonrakentelun prosessit toteutuvat Second Lifessa. Edellisen lisäksi pyritään arvioimaan digitaaliseen kansalaisuuteen liittyvä tietoteknisen erityisosaamisen tarve. Digitaalinen kansalaisuus liittyy virtuaalimaailmoihin, mutta on pikemminkin käyttäjän hankkima ominaisuus tai taito. Tämän erityisosaamisen arvioimiseen on kehitetty yksi konkreettinen väite, joka esitetään seuraavassa taulukossa 5.

Taulukko 5. Tietoteknisen erityisosaamisen arviointi.

Ominaisuus	Kuvaus
Digitaalinen kansalaisuus	Mahdollisesti tarvittava erityisosaaminen on hankittavissa lyhyehköllä harjoittelulla virtuaalimaailmassa (Saleeb & Dafoulas, 2010b).

5. Kemiaallisten yhdisteiden molekyyli-mallinnus Second Lifessa

Tämän luvun pääsisältö on tarkastella, miten peruskoulun ja lukion kemian opetuksessa käytetään molekyyli-mallinnusta ja millä eri tavoilla mallinnusta voidaan toteuttaa käytännössä oppitunnilla ja lisäksi, miten molekyyli-mallinnusta voitaisiin toteuttaa Second Lifessa. Aluksi luvussa 5.1 luodaan lyhyt katsaus Second Lifen opetuskäytöstä suomalaisissa oppilaitoksissa. Luvussa 5.2 perehdytään yleisesti kemiallisten yhdisteiden molekyyli-malleihin ja niiden merkitykseen kemian tutkimuksessa ja opetuksessa. Lisäksi tarkastellaan tapoja havainnollistaa molekyyliä. Molekyyli-mallien esittämiseen on kehitetty runsaasti sovelluksia, joista esitellään lyhyesti kaksi suomenkielistä, ja pohditaan, miten niiden avulla havainnollistetaan molekyylien sisältämää tietoa. Luvussa 5.3 tarkastellaan molekyyli-mallien rakentamista Second Lifessa. Rakenteluesimerkkien yhtenä tavoitteena on havainnollistaa, miten Second Lifessa voidaan tuottaa sisältöä, erityisesti rakentaa erilaisia opetuksessa hyödynnettäviä rakennelmia. Esimerkkien avulla havainnollistetaan kolmea Second Lifessa tavallista rakennusmenetelmää, jotka ovat rakentaminen primitiivien (*primitives*), muotoiltujen primitiivien (*sculpted primitive*, *sculpty*), tai verkkojen (*mesh*) avulla. Yhteenvetona esitetään ja vertaillaan eri rakennus-tapojen hyviä ja huonoja puolia. Lopuksi luvussa 5.4 vertaillaan fyysisten rakennus-sarjojen, tietokoneavusteisen mallinnuksen ja Second Lifessa toteutetun molekyyli-mallinnuksen eroja.

5.1. Second Life opetuskäytössä

Second Life on käytetty opetukseen suomalaisissa oppilaitoksissa vuodesta 2008. Kaksi ehkä merkittävintä ja pitkäaikaisinta toimijaa ovat EduFinland ja Sotungin etälukio. Monet muutkin suomalaiset oppilaitokset ovat toteuttaneet Second Lifessa erilaisia kokeiluja ja projekteja, joista on saatu vaihtelevia kokemuksia. Osa projekteista on päättynyt joko rahoituksen loppumisen tai muun resurssipulan takia, osa jatkuu edelleen. Second Lifeen rakennetut oppimisympäristöt ovat usein simulaatioita, joissa voidaan harjoitella reaali-maailman todellisia tilanteita eri rooleissa, kuten Keudan virtuaali-panimo, Laurean Lohjan yrittäjyyskylä tai Savonia-ammattikorkeakoulun ikääntyvien ideaalikoti. Yhtä yleistä on rakentaa erilaisia oppimispolkuja, joiden varrella on useampia pisteitä monipuolisine tietolähteineen ja tehtävineen, kuten esimerkiksi Sotungin etälukiassa.

Keväällä 2008 Second Lifeen perustettiin EduFinland-niminen maa-alue, joka virtuaalisen paikan lisäksi tarjoaa verkostoja ja yhteistyötä (EduFinland, 2009). EduFinland tekee yhteistyötä Suomen eOppimiskeskus ry:n kanssa, joka hallinnoi aluetta ja huolehtii alueen ylläpitoon liittyvästä maksuliikenteestä (EduFinland, 2009). EduFinlandin mukaan oppilaitosten keskittyminen Second Lifessa palvelee monta tarkoitusta. Yhtenäinen alue tarjoaa mahdollisuuksia tehokkaaseen yhteistyöhön ja

yhteisellä alueella myös yhteisten tapahtumien järjestäminen ja resurssien jakaminen on helppoa (EduFinland, 2009). Suomalaiset oppilaitokset voivat vuokrata alueelta maata opetus- ja tutkimustarkoitukseen. Nykyään alueeseen kuuluu yhteensä 25 saarta, jotka muodostavat kokonaisuuden, ja alueella toimii yli 50 suomalaista oppilaitosta, yliopistoa tai muuta organisaatiota (Holmberg, 2012). Saarella ja sen ulkopuolella järjestetään säännöllisesti erilaisia ja eripituisia koulutustilaisuuksia ja työpajoja (EduFinland, 2009).

EduFinland IV-saarelta löytyy muun muassa Keudan ammattiopiston virtuaalipanimo, joka on rakennettu yksi yhteen oikeata, todellista pienpanimon toimintaa mukaillen. Opiskelijoilla on mahdollisuus tutustua virtuaaliseen panimoon ja sen toimintaan jo ennen varsinaista työskentelyä oikealla panimolaitteistolla. Näin voidaan parantaa oikean laitteen hyötykäyttöä ja voidaan minimoida mm. raaka-aineiden hävikki mahdollisten häiriötilanteiden vähentyessä. (Frondelius, Sälpäkivi & Qvist, 2013.)

Toinen simulaatio on Laurea-ammattikorkeakoulun Lohjan yksikön saarelta löytyvä yrittäjyyssylä, jossa opiskellaan yrittäjyyden ja yrityksen perustoimintoja (Marstio & Ylikylä, 2012). Saarella on kauppakeskus, terveysasema sekä ikuisen talven maa. Saari tarjoaa kaksi eri koulutusalaan yhdistävän oppimisympäristön liiketalouden sekä sosiaali- ja terveysalan opiskelijoille. Liiketalouden opiskelijat voivat tarkastella yrittäjän jaksamista ja hyvinvointia tapausesimerkkien avulla. Sairaanhoidajaksi opiskelevat järjestävät saarella hyvinvointi- ja terveystreffejä sekä vertaistukiryhmiä valituille ryhmille. Heille on myös oppimisen polkuja virtuaalisessa terveyskeskuksessa. (Marstio & Ylikylä, 2012.)

Kolmas esimerkki Second Lifeen rakennetuista simulaatioista on Savonia-ammattikorkeakoulun HIMA-projektiin kuuluva virtuaalinen ikääntyvän ideaalikoti, jossa opetellaan vanhustyön eri puolia. Ideaalikoti määritellään laaja-alaisesti fyysisenä, psyykkisenä, sosiaalisena, turvallisenä ja esteettömänä kotina, joka mahdollistaa kotona asumisen ja itsenäisen suoriutumisen mahdollisimman pitkään (Tiilikainen, 2013). Alue toimii samalla sekä oppimisympäristönä että yritysten ja järjestöjen tuotteiden ja palvelujen markkinointi- ja verkostoitumisfoorumina (Tiilikainen, 2013). Ideaalikoti on toteutettu Second Lifeen omalle saarelleen.

Sotungin etälukio on aloittanut vuonna 2009 projektin nimeltä Kokemuksellisen oppimisen uudet tavat virtuaalisissa oppimisympäristöissä, eli KokeVirtu-hanke (Sotungin etälukio). Etälukio hankki Second Lifesta oman saaren, jolle rakennettiin oppimisaihioita kolmelle oppiaineelle: äidinkielle ja kirjallisuudelle (kirjallisuushistorian polku), biologialle (kasvihuone) ja opinto-ohjaukselle (observatorio ja ohjauksen taivastaso) (Sotungin etälukio). Yksi suurimmista rakennuksista on kielten opiskeluun tarkoitettu Dolphin Bay Hotel (Sotungin etälukio). Second Lifessa tutkittiin virtuaalisen opettamisen ja opiskelemisen mahdollisuuksia kirjallisuushistorian, opinto-ohjauksen sekä biologian ja maantieteen osalta. Tavoitteina oli muun muassa rakentaa oppijoita houkutteleva ympäristö, jossa on hyvät puitteet yhteisöllisyydelle. Lisäksi tavoitteena oli

kehittää oppimisaihioihin materiaalia, jota opiskelijat voisivat hyödyntää myös ilman opettajan apua ja jotka sytyttävät oppimisen ilon. Kolmas tärkeä tavoite oli tuottaa opiskeluympäristö ja oppimateriaalia, jotka vaikuttaisivat sekä oppijoiden kognitioihin että emootioihin. (Vilpas, 2010.)

Sotungin kirjallisuushistorian polulla on kahdeksan eri tietopistettä kahdeksalle tyylikaudelle. Opiskelija voi näkemisen sijasta kävellä aikajanan läpi, pysähtyä eri aika- tai tyylikausilla ja muistaa kirjallisuuteen ja yhteiskuntaan liittyvät asiat tietopisteen ympäristöstä (Heikkilä, 2012). Polulla oli omat pisteet antiikille, keskiajalle (taverna), renessanssille, valistukselle, romantiikalle, realismille (torppa), modernismille (majakka) ja postmodernismille. Osa polun pisteistä on saaren yhteiskäytössä, esimerkiksi amfi-teatteri toimii auditoriona ja keskiaikainen taverna opiskelijoiden ja henkilökunnan tapaamispaikkana (Heikkilä, 2010). Sotungin etälukion ykkössaaren taivastasolle on rakennettu jättiläiskokoinen DNA-molekyyli, joka on sekä hieno nähtävyys että esimerkki havainnollisesta ja visuaalisesti vaikuttavasta oppimispolusta. Molekyyylimalli on n. 500 metriä pitkä ja 200 metriä korkea. Tämä kolmiulotteinen malli esittelee DNA:n rakenteen ja geenien toiminnan perusteet vaihe vaiheelta. Opiskelijat voivat kävellä ja juosta tai istua DNA-molekyylin päällä sekä lennellä sen lävitse ja ympärillä. (Vilpas, 2011).

5.2. Kemiaallisten yhdisteiden molekyylimallinnus

Kemiaallisten yhdisteiden molekyyliä tutkitaan useilla kemian eri tutkimusaloilla, kuten fysikaalisessa, kokeellisessa tai laskennallisessa kemiassa. Fysikaalisen kemian tutkimus tuottaa perustavaa tietoa atomeista ja molekyyleistä ja niiden ominaisuuksista. Kemian kokeellisilla menetelmillä taas tutkitaan ja havainnollistetaan käytännössä esimerkiksi molekyylien välisiä reaktioita. Laskennallisen kemian avulla voidaan puolestaan hyödyntää fysikaalisen kemian tutkimustuloksia havainnollistamalla molekyyliä ja reaktioita esimerkiksi tietokoneavusteisesti.

Molekyyliä tutkitaan edellä kuvatun lisäksi monipuolisesti erilaisilla tieteellisillä menetelmillä, joiden tuottama tieto on usein abstraktia ja vaikeasti hahmotettavaa. Molekyylimallien avulla eri tutkimusmenetelmien tuottamaa tietoa voidaan visualisoida, yhdistää ja selittää. Molekyylimalli on siis visuaalinen ja havainnollinen objekti, kolmiulotteinen tai siltä vaikuttava esitys siitä, missä järjestyksessä ja minkälaisilla sidoksilla yhdisteen atomit liittyvät toisiinsa.

Opetushallituksen vuonna 2003 laatimassa lukion kemian opetussuunnitelmassa korostetaan erilaisten mallien ja rakenteiden käyttöä kemiaallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien tulkitsemisessa ja opettamisessa. Lisäksi opetussuunnitelmassa korostetaan ilmiöiden mallintamista ja matemaattista käsittelyä, erityisesti syventävillä kursseilla (Opetushallitus, 2003). Opetussuunnitelman mukaan tavoitteena on perehdyttää opiskelija erilaisten laskennallisten mallien käyttöön tutkittaessa aineiden

rakennetta, ominaisuuksia, reaktioita, reaktionopeutta ja -mekanismeja (Opetushallitus, 2003).

Aksela ja Montonen (2007) toteavat, että kemian opetuksessa aineiden ominaisuudet ja muuntumiset toisikseen yritetään tehdä näkyviksi erilaisilla malleilla, symbolien käytöllä ja visualisoinneilla. Molekyyli- ja atomitasojen ilmiöitä pyritään havainnollistamaan yleisesti käytetyillä merkintä- ja esitystavoilla, kuten kuvilla ja kaavioilla tai eri materiaaleista valmistetuilla kolmiulotteisilla objekteilla (Aksela & Montonen, 2007). Kirjalliset merkintätavat, kuvat ja kaaviot, eivät kuitenkaan aina riitä asioiden selkeään havainnollistamiseen, vaan tarvitaan konkreettisempia keinoja. Yksi keino on havainnollistaa molekyyliä fyysisillä rakennussarjoilla. Fyysisiä molekyyli- ja atomimallisarjoja on saatavana esimerkiksi opetusvälineitä myyvistä yrityksistä (IS-VET, 2012). Kyseisen yrityksen myymät rakennussarjat ovat muovisista, eri värisistä ja kokoisista atomeista ja niiden liitoskappaleista koostuvia kokoelmia, joista voidaan rakentaa tavallisimpia kolmiulotteisia molekyyli- ja atomimalleja (IS-VET, 2012). Atomit ja liitoskappaleet eivät ole kovin isoja, joten valmiita molekyyli- ja atomimalleja on parasta tutkia lähietäisyydeltä, kädessä pitäen. Sarjan avulla opettaja voi rakentaa malleja etukäteen valmiiksi tai oppilaat voivat itse rakentaa niitä tunnilla, yksin, pareittain tai ryhmissä. Rakennussarjan avulla voidaan mallintaa lähinnä molekyylin atomien määrä ja keskinäisiä suhteita ja molekyylin rakennetta, mutta ei muita ominaisuuksia. Esimerkiksi reaktioiden mallintaminen rakennussarjan avulla vaatisi useamman mallin rakentamisen reaktion eri vaiheista.

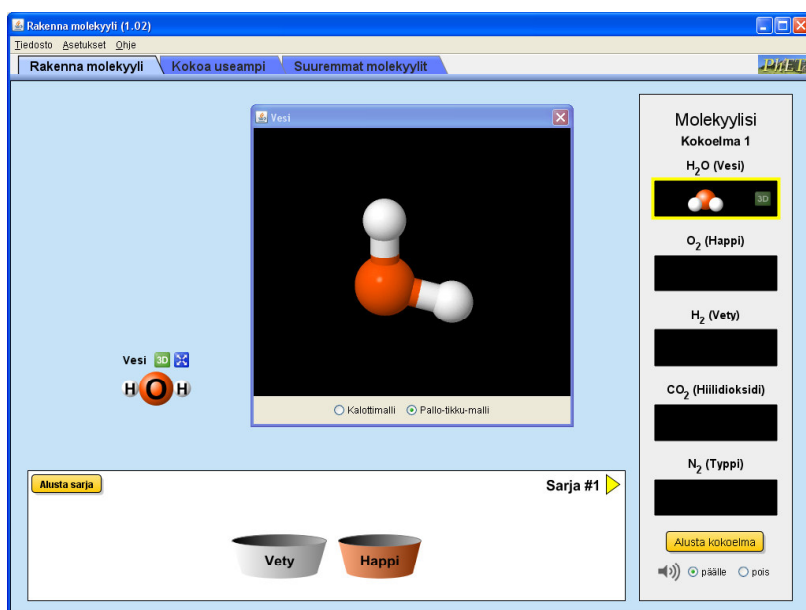
Molekyyli- ja atomimalleja voidaan rakentaa myös tietokoneavusteisesti. Tietokoneavusteisessa mallinnuksessa mahdollisuudet ovat kiinteitä malleja monipuolisemmat. Tietokonemallin avulla voidaan myös esittää molekyylin kolmiulotteista rakennetta, mutta sen lisäksi määrittää esimerkiksi eri atomien sidosten välisiä kulmia. Akselan ja Montosen (2007) mukaan nykyaikaiset koulukäyttöön sopivat molekyylien mallinnusohjelmat mahdollistavat esimerkiksi orbitaalien, kemiallisen sidoksen ja spektroskopian visualisoinnin ja käsittelyn. Lisäksi hyvillä, ammattilaiskäyttöönkin tarkoitetuilla mallinnusohjelmilla voidaan tutkia molekyylien välisiä vuorovaikutuksia sekä kartoittaa kemiallisia reaktioita ja niiden nopeuksia. Kemiallisten reaktioiden mallinnuksen aikana voidaan tutkia, mitä molekyyli- ja atomimalleille tapahtuu ja miten niiden tila muuttuu reaktion eri vaiheissa. Aksela ja Montonen (2007) toteavatkin, että tietokoneavusteinen molekyyli- ja atomimallinnus mahdollistaa kemian silmälle näkymättömän maailman tapahtumien ja ilmiöiden monipuolisen opiskelun ja opetuksen.

Aksela et al. (2011) tekemän tutkimuksen mukaan kemian opettajat ovat käyttäneet tietokoneavusteista molekyyli- ja atomimallinnusta eniten lukion 1. ja 2. kursseilla. Perusopetuksessa molekyyli- ja atomimallinnusta on käytetty eniten 8. luokalla. Tutkimuksessa kartoitettiin molekyyli- ja atomimallinnuksen käytön syitä, joista tärkeimmät olivat kemian ilmiöiden havainnollistaminen ja ymmärtämisen helpottaminen, opettamisen helpottaminen sekä oppilaiden aktivoiminen ja tutkimisen ja tekemisen

mahdollistaminen. Mallinnuksen avulla havainnollistettiin tavallisimmin molekyyliden avaruudellista rakennetta ja isomeriaa, orbitaaleja ja sidoksia, kun taas kemiallisia reaktioita mallinnettiin sen sijaan harvemmin. Tietokoneavusteista mallinnusta käytettiin oppitunneilla molekyyliden rakenteluun ja tutkimiseen, sekä sidospituuksien ja kulmien ja molekyyliden muiden ominaisuuksien esittelemiseen (Aksela et al., 2011).

Tutkimuksen mukaan opettajat pitivät sekä fyysisillä rakennussarjoilla tehtävää että tietokoneavusteista molekyylimallinnusta hyödyllisenä, koska kumpikin tapa kehittää oppilaiden visualisointi- ja tutkimistaitoja sekä havainnollistaa ja tukee käsitteiden oppimista (Aksela et al., 2011). Erityisen hyvänä pidettiin sitä, että oppilaat pääsevät työskentelemään omin käsin. Opettajien mielestä molekyylimallinnuksen ja kokeellisen työskentelyn yhdistäminen sopii orgaanisen kemian opiskeluun erittäin hyvin (Aksela et al., 2011). Lisäksi mallinnus mahdollistaa työskentelyn myös muissa tiloissa kuin varsinaisessa kemian luokassa.

Aksela et al. (2011) jatkavat, että opettajien mielestä hyvä mallinnusohjelma on muun muassa helppo ja nopea oppia, mahdollistaa itsenäisen rakentelun, havainnollistaa, on visuaalisesti innostava ja kolmiulotteinen, ominaisuuksiltaan monipuolinen ja lisäksi edullinen. Tietokoneavusteiseen mallinnukseen onkin kehitetty runsaasti sovelluksia, joista useimmat englanniksi. Internetissä on saatavilla myös suomenkielisiä mallinnusohjelmia tai -ympäristöjä. Tässä yhteydessä tutustumisen kohteena on niistä kaksi, Rakenna molekyylä (1.02) (Rakenna Molekyylä) ja EDUMOL-Mallinnusympäristö (EDUMOL). Kuvassa 7 on Rakenna molekyylä (1.02) ohjelman ikkuna. Pääikkunassa on alareunassa kulloinkin käytettävissä oleva atomivalikoima ja oikeassa reunassa keräilypaikka molekyyleille, jotka käyttäjän tulee kulloinkin rakentaa.



Kuva 7. Rakenna molekyylä (1.02) -sovelluksessa rakennettu veden molekyylimalli.

Kuvassa on sinisellä taustalla vasemmassa alareunassa atomeista rakennettu veden molekyylimalli, oikeassa reunassa valmis malli sijoitettu käyttäjän molekyylisikoelmaan ja keskellä sama malli pyörii kolmiulotteisena erillisessä ikkunassa (Moore, 2004). Rakenna molekyyli (1.02) keskittyy nimensä mukaisesti molekyylimallien rakentelun harjoitteluun ja rakennettujen mallien kolmiulotteiseen tarkasteluun. Sovelluksella voi rakentaa noin 50 tavallisinta molekyylimallia.

EDUMOL-Mallinnusympäristö koostuu monipuolisista mallinnusharjoituksista, molekyylitietokannasta ja mallinnussivustojen linkkilistasta. Esittelytekstissä mainitaan lisäksi, että mallinnusympäristöllä voidaan hyvin visualisoida kemian ilmiöitä tai soveltaa sitä osana laboratoriotyöskentelyä. Oppilaat voivat laatia ympäristössä molekyylikuvia itseopiskelun tai kotitehtävien tueksi Molekyylitietokanta sisältää noin 100 keskeistä molekyyliä ja niiden IR-spektrit, ja suurimmalle osalle molekyyleistä on laskettu elektroni-tiheyspinnat, orbitaalit ja värähtelyt. Kokeilun perusteella EDUMOLissa voi helposti tehdä erilaisia mallinnusharjoituksia ja tutkia molekyylitietokannasta löytyviä valmiita malleja ja reaktioiden animaatioita. Käyttöliittymä on selkeä ja käsittää piirtoalueen sekä molekyyliin rakentelulle että niiden kolmiulotteiselle tarkastelulle, samaan tapaan kuin Rakenna molekyyli (1.02) -sovelluksessa. Lisäksi molekyyliin ominaisuuksista voi saada monipuolisesti tietoa esille eri valinnoilla. Harjoituksia on runsaasti, ja muitakin kuin rakennusharjoituksia.

Sekä Rakenna molekyyli (1.02) että EDUMOL-Mallinnusympäristö soveltuvat hyvin molekyylimallien rakentamisen harjoitteluun. Kumpikin sovellus on laadittu perus- ja lukio-opetuksen tarpeita silmällä pitäen, sovelluksilla mahdolliset toiminnot ja sisällöt ovat opetusta tukevia ja sopivalla vaikeusasteella. Rakenna molekyyli (1.02) antaa käytön-aikaista palautetta rakentamisen onnistumisesta ja kokoelman edistymisen innostaa ja motivoi käyttäjää jatkamaan. Ohjelmaan ei voi kuitenkaan tallentaa mallintamisen tuloksia. EDUMOL-Mallinnusympäristö on astetta edistyneempi harjoitusympäristö, erityisesti monipuolisempien atomien ja molekyyliin ominaisuuksien esittämisen sekä paljon monipuolisempien harjoitusten ansiosta. EDUMOLista löytyy lisäksi animaatioita molekyyliin välisistä reaktioista ja linkkilista ulkoisiin tietolähteisiin. Tähänkään ohjelmaan ei voi tallentaa tuloksia, mutta EDUMOLista voi viedä kuvan valmiista mallista omalle tietokoneelleen. Molemmat ohjelmat soveltuvat hyvin perusasioiden harjoitteluun oppitunnilla tai kotona, yksin tai ryhmissä.

Aksela ja Montonen (2007) toteavat, että opettajien kokemusten mukaan tietokone-avusteinen molekyylimallinnus sopii hyvin muun muassa kemian opetukseen. He jatkavat, että tietokoneavusteinen molekyylimallinnus on opettajien mielestä hyvä työväline havainnollistamaan kemiassa tärkeää molekyyliin kolmiulotteisuutta. Mallinnus auttaa luomaan uusia työtapoja, herättää mielenkiintoa ja keskustelua. On myös todettu, että tietokoneavusteinen mallinnus yhdistää tehokkaasti kemian symboli-

tason, mikroskooppisen tason ja kokeellisen kemian ja auttaa oppijoita kehittämään mentaalimallejaan (Pernaa, 2010).

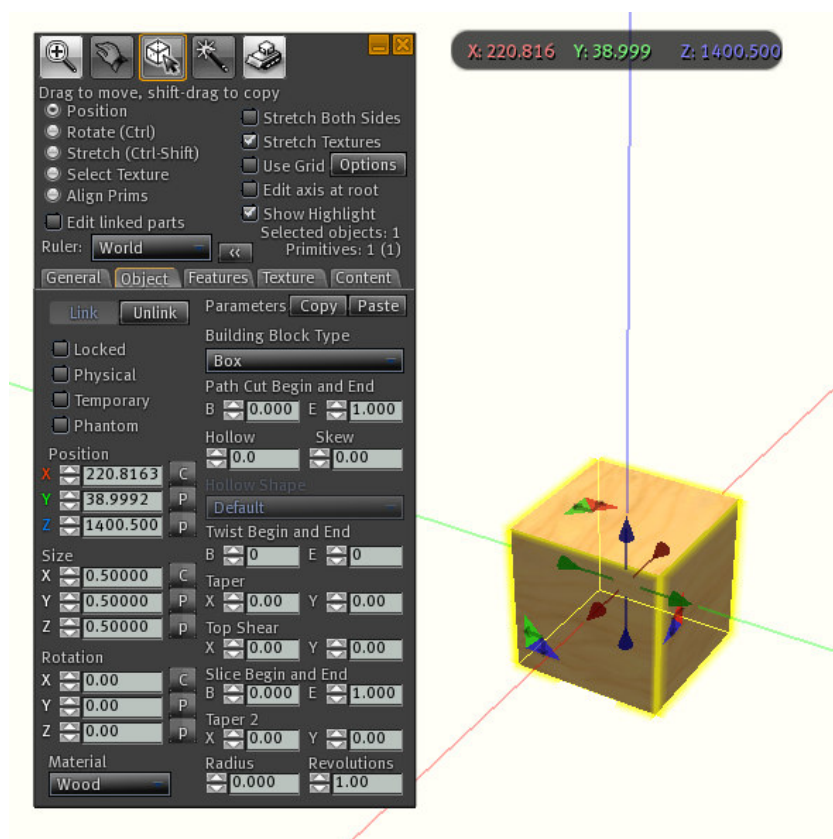
5.3. Molekyyylimallien rakentaminen Second Lifessa

Molekyyylimalleja voidaan myös rakentaa Second Lifessa erilaisilla tavoilla. Aluksi kuvataan, miten ja minkälaisilla työkaluilla rakentaminen Second Lifessa yksinkertaisimmillaan tapahtuu, ja sen jälkeen kuvaillaan, mitä erilaisia vaihtoehtoisia rakennustapoja voidaan käyttää. Lopuksi vertaillaan rakennustapojen hyviä ja huonoja puolia.

Second Lifessa käyttäjä voi luoda virtuaalista sisältöä välittömästi maailmaan tultuaan. Second Lifessa lähes kaikki on tehty primitiiveistä, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta, kuten maa ja vesi, avatar ja osa avatarin vaatteista, tekstuurit ja partikkelit sekä video-, ääni- ja tekstitiedostot, esimerkiksi komentosarjat eli skriptit. Mikä tahansa klikattavissa ja muokattavissa oleva on siis tehty primitiiveistä. Primitiivit ovat yksinkertaisia geometrisia muotoja, ja Second Lifen käyttöliittymän rakennustyökaluissa on tarjolla valmiina kuutio, tetra, sylinteri, pallo, torus ja rengas, sekä näistä johdetut prisma, pyramidi, puolisyylinteri, kartio, puolikartio, puolipallo ja putki (Building Tools, 2011). Primitiivejä voidaan muotoilla ja yhdistellä lähes rajattomasti.

Rakentaminen tarkoittaa yksinkertaista primitiivien luomista, muotoilua ja yhdistämistä suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Primitiivejä luodaan ja muokataan selaimen ikkunassa suoraan virtuaalimaailmassa. Rakentaminen on mahdollista kaikille avoimilla yleisillä hiekkalaatikoilla (*sandbox*) sekä alueilla, joilla maan omistaja on sen sallinut. Itse vuokraamallaan maa-alueella avatarilla on automaattisesti täydet rakennusoikeudet. Kuvassa 8 on esitetty Phoenix Viewer -selaimen rakennustyökalun ponnahdusvalikko välilehtineen, perusprimitiivi korostettuna keltaisella, virtuaalimaailman koordinaatti-akselit (punainen = x, vihreä = y, sininen = z) ja yläreunassa vastaavat numeeriset koordinaatit. Primitiivien rakennustyökalut ovat "Focus", "Move", "Edit" ja "Create" (Building Tools, 2011). Viimeisenä on "Land"-työkalu, jonka avulla voi muokata maata. Kuvassa aktiivisena työkaluna (oranssi ympärysviiva) on "Edit".

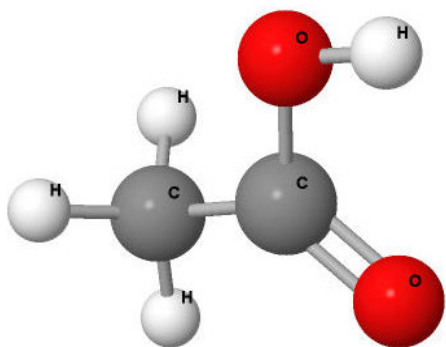
Akselisto on perusasetuksena luodun primitiivin keskipisteessä, myös useamman linkitetyn primitiivin muodostamissa rakennelmissa rakennelman laskennallisessa keskipisteessä. Linkitetyissä rakennelmissa akselisto voidaan asettaa myös keskelle juuriprimitiiviä (*root prim*). Akseliston sijainnilla voi olla merkitystä objektien asemoinnissa. Asemoinnin voi tehdä esimerkiksi vähentämällä tai lisäämällä koordinaatteja "Position"-syöttökentissä tai vetämällä hiirellä kustakin nuolesta nuolen osoittamiin suuntiin.



Kuva 8. Rakennustyökalut, perusprimitiivi, akselit ja kuvan yläreunassa koordinaatit.

Rakenteissa käytettyjen primitiivien määrällä on merkitystä, koska kutakin maa-aluetta kohti on vain määrätty määrä käytettävissä olevia primitiivejä. Sallittujen primitiivien määrä vaikuttaa maa-alueen vuokraan, mitä enemmän primitiivejä sallitaan, sitä kalliimpi maa-alue. Primitiivien määrä vaikuttaa myös siihen, miten nopeasti näkymä piirtyy käyttäjän näytölle sekä palvelimella sijaitsevan tietokannan vaatimaan tilaan, sillä kunkin käyttäjän omistamat objektit tallennetaan Linden Labin palvelimille. Primitiivien säästämiseksi onkin kehitetty sekä hyviä rakennuskäytäntöjä että erilaisia rakennustekniikoita.

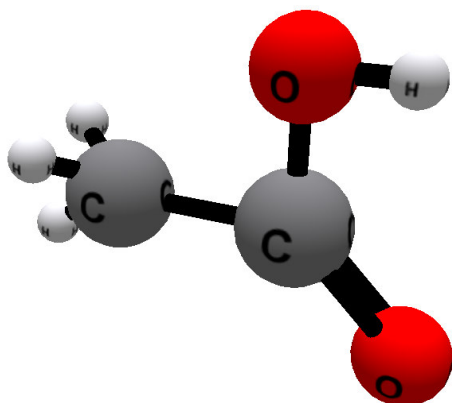
Seuraavissa esimerkeissä on käytetty yksinkertaista rakennelmaa, etikkahapon molekyylimallia. Molekyylimalli on rakennettu eri tekniikoilla sen havainnollistamiseksi, miten monella eri tavalla Second Lifessa voi rakentaa ja mitä eroja rakennustekniikoilla on sekä rakennusvaiheessa että lopputuloksen kannalta. Atomien väreissä ja suhteellisessa keskinäisessä koossa on mukailtu atomien ja molekyylien esittämisen vallitsevia käytäntöjä. Lähtökohdaksi kuvassa 9 on EDUMOL-Mallinnusympäristössä toteutettu etikkahapon molekyylimalli.



Kuva 9. EDUMOL-Mallinnusympäristöstä löytyvä valmis etikkahapon molekyyli-malli.

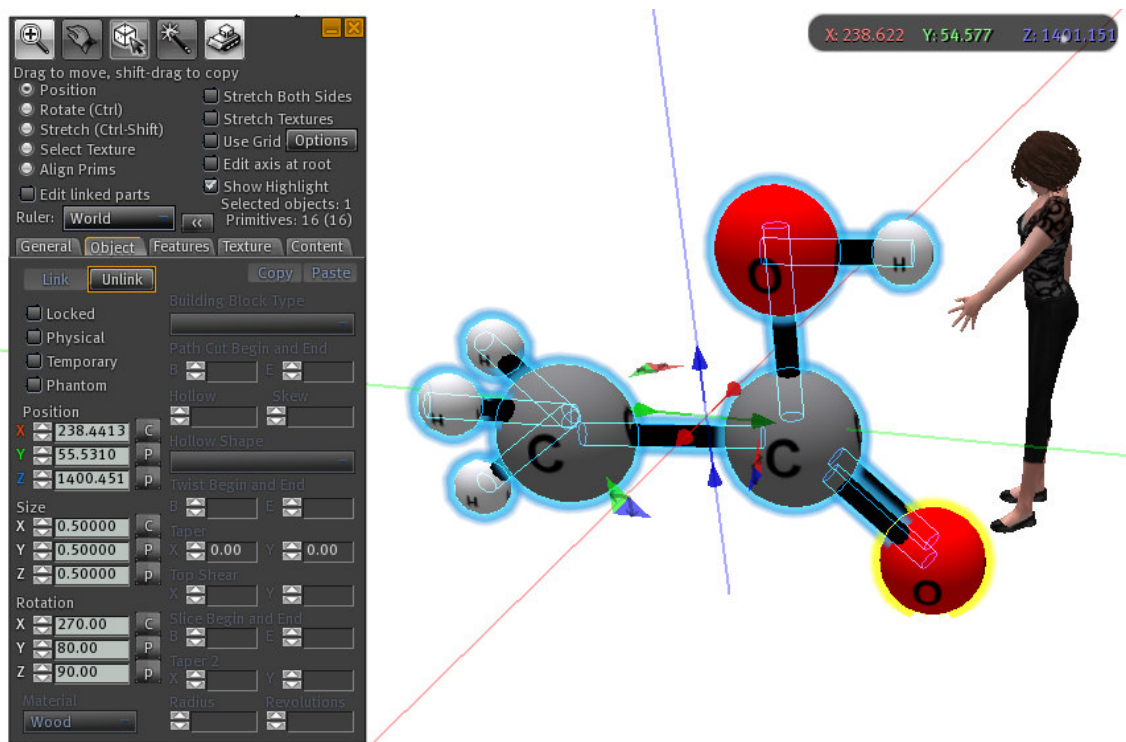
5.3.1. Primitiivi

Second Lifessa rakennettiin primitiiveistä kuvassa 9 nähtävää mallia vastaava etikkahapon molekyylimalli. Valmiissa molekyylimallissa on 16 primitiiviä, puolet palloja ja puolet sylintereitä. Primitiivien kokoa ja väriä on muokattu, lisäksi on luotu ja ladattu Second Lifeen atomien tunnistamista helpottavat kirjaintekstuurit. Primitiivit on asemoitu kukin erikseen oikeaan sijaintiin ja rakentamisen päätteeksi linkitetty yhdeksi elementiksi, jolloin sen siirtäminen ja kääntäminen kokonaisuutena on helppoa. Second Lifessa rakennettu etikkahapon molekyylimalli on kuvassa 10.



Kuva 10. Second Lifessa rakennettu etikkahapon molekyylimalli.

Seuraavassa kuvassa 11 näkyy molekyylimallin mittakaava avatareen verrattuna. Keltaisella korostettu primitiivi on juuriprimitiivi, johon sinisellä korostetut on yhdistetty "Link"-painikkeella. Linkitys voidaan purkaa helposti "Unlink"-painikkeella, mutta yksittäisten linkitettyjen primitiivien muokkaaminen on myös mahdollista linkitystä purkamatta valitsemalla "Edit linked parts". Akselisto on tässä rakennelman keskipisteessä.



Kuva 11. Second Lifessa rakennettu etikkahapon molekyylimalli editointitilassa.

Perusprimitiiveistä vain vähän primitiivejä muokkaamalla on helppoa rakentaa, eli aloittelijakin oppii tämän tekniikan helposti, mutta tämä tapa vie tavallisesti eniten primitiivejä. Primitiivejä voi muokata erittäin monipuolisesti ja kekseliäästi monilla menetelmillä, jotka on helppo oppia, jos kiinnostusta riittää. Taitavalla primitiivien muokkaamisella on mahdollista säästää huomattavakin määrä primitiivejä valmiissa rakennelmissa. Suurehkossa rakennusprojektissa, esimerkiksi rakennettaessa taloa, rakenteiden muodoista ja yksityiskohtien määrästä riippuen on mahdollista säästää 25 - 30 % primitiiveistä, jopa enemmänkin. Primitiivien monipuolinen muokkaaminen vaatii jo kohtuullista paneutumista ja harjoittelua, mutta myös palkitsee säästämällä primitiivejä samalla kun rakentajan taidot kehittyvät. Primitiivien muokkausta ja rakentamista pääsee opiskelemaan itsenäisesti Second Lifessa esimerkiksi Ivory Tower Library of Primitives -nimisessä näyttelyssä Natoma-saarella.

Taitava tekstuurien käyttö on rakentamisessa aivan yhtä tärkeää kuin primitiivien muokkaaminen tai skriptien laatiminen. Mikä tahansa maalattu, piirretty, valokuvattu tai tietokoneella luotu kuvatiedosto voi olla tekstuuri. Tekstuurit luodaan Second Lifin ulkopuolella jollain tavallisella kuvankäsittelyohjelmalla, tallennetaan JPEG (jpg), Bitmap (bmp), Targa (tga) tai Portable Network Graphics (png) -muotoon ja tuodaan Second Lifeen selaimen "File"/"Upload"/"Image" -komennoilla (Texture Windows, 2011). Tiedoston lataus maksaa 10 Linden dollaria, eli euroissa noin 3,5 centtiä. (1000 Lindenä = 4,35 US dollaria = 3,501 euroa, vaihtokurssi 7.8.2012). Käyttökelpoisimmat tekstuurin

tiedostomuodot tällä hetkellä ovat png ja tga. Targa tukee kuvan läpinäkyvyyttä 8-bittisen alpha-kerroksen ansiosta (Texture Windows, 2011).

Tekstuuri on siis kuvatiedosto, joka voidaan liittää primitiivin pinnalle. Kaarevalla primitiivin pinnalla kuva kaareutuu myös lisäten illuusiota ympäristön ja esineiden kolmiulotteisuudesta. Tavallisinta on lisätä primitiiviin joku pintakuvio, esimerkiksi kaikissa perusprimitiiveissä on oletustekstuurina vaalea puupinta, joka näkyy kuvassa 8. Tekstuurin voi poistaa kokonaan, jolloin jäljelle jää sileä maalipinta, jonka värin voi valita, tai tekstuuria voi sävyttää taustavärillä.

5.3.2. Muotoiltu primitiivi

Toinen mielenkiintoisempi tapa käyttää hyväksi tekstuuria on muotoiltu primitiivi (*sculpted primitive*), tässä tutkielmassa lyhyemmin veistos. Veistos on syntynyt käyttäjien tarpeesta kehittää monipuolisempia ja yksityiskohtaisempia rakennelmia ilman vaativaa 3D-mallinnusta. Tavoitteena on ollut helpottaa rakennelmien muotoilua ja samalla säästää primitiivien käytössä. Veistos on yksinkertaisesti mikä tahansa perusprimitiivi, jonka muoto määrätään RGB-tekstuurilla eli kuvatiedostolla (Sculpted prim, 2011). Kuvatiedoston RGB-väriavaruuden kanavat ovat punaisen, vihreän ja sinisen värin yhdistelmiä ja vastaavat primitiivin pinnanmuotojen X-, Y- ja Z-koordinaatteja (Sculpted prim, 2011). Punainen vastaa X-, vihreä Y- ja sininen Z-koordinaattia, eli kuvan eri väriset alueet määräävät suoraan veistoksen pinnan muodot (Sculpt map, 2008). Kuvassa 12 on Second Lifen kaikille yhteisestä Inventoryn Library-osasta löytyvä tiedosto Apple.bmp, perusprimitiivi ja perusprimitiivistä tekstuurin avulla muodostettu omena-veistos.

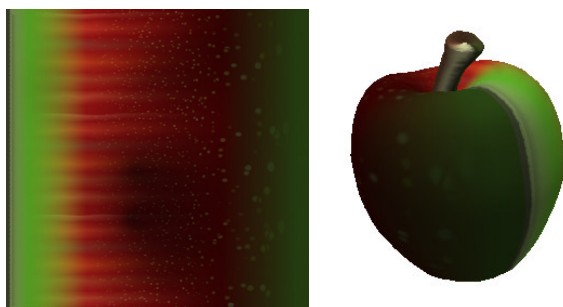


Kuva 12. Vasemmalla kuvatiedosto Apple.bmp, keskellä perusprimitiivi (pallo) ja viimeisenä pallosta kuvatiedostolla muotoiltu omena-veistos.

Kuvassa 13 on samoin Librarysta löytyvä omenan pintatekstuuri apple1.bmp ja pintateksturoitu valmis omena-veistos. Veistostekstuurilla muutetaan siis perusprimitiivin muotoa, ja pintatekstuurilla puolestaan veistoksen pintakuviota.

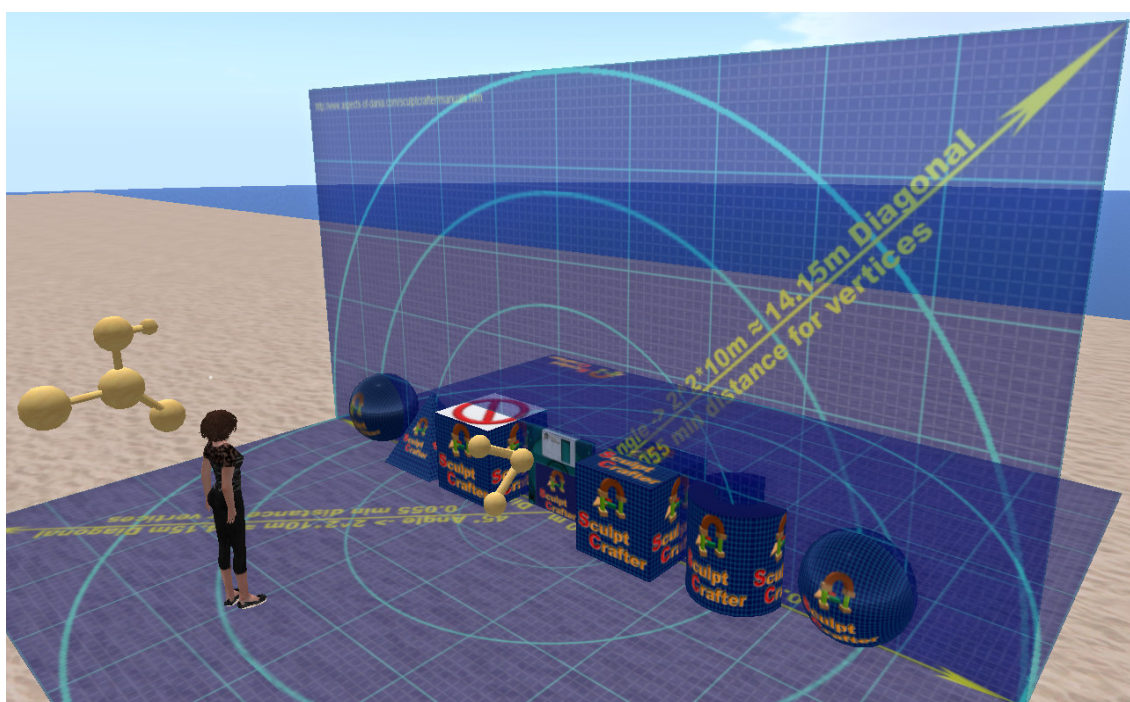
Veistostiedostoja voi tehdä ulkoisilla 3D mallinnusohjelmilla, joissa ne tallennetaan kuvamuotoon ja tuodaan Second Lifeen kuten muutkin tekstuurit. Tavallisimpia mallinnusohjelmia ovat esimerkiksi Blender, Maya tai Wings 3D (Sculpted Prims: 3d Software Guide, 2012). Veistoksia voi tehdä myös Second Lifessa käyttäjien luomilla

työkaluilla (Sculpted Prims: Resident-made Tools, 2011). Työkalut eivät tavallisesti ole täysimittaisia 3D-mallinnusohjelmia, vaan suunniteltu nopeaan ja helppoon veistostiedostojen tekemiseen.



Kuva 13. Omenan pintatekstuuri apple1.bmp ja valmis omena. Kara on omenaankin linkitetty toinen teksturoitu veistos. Valmis rakennelma tarvitsee siis kaksi primitiiviä.

Seuraava molekyylimalli on laadittu käyttäen SculptCrafter-työkalua Second Lifessa. Esimerkissä käytetty ohjelmaversio on demo, jossa on tiettyjä rajoituksia täyteen versioon verrattuna, esimerkiksi primitiivien määrää on rajoitettu kymmeneen (Republic & Daviau, 2010). Rajoituksista huolimatta työkalun käyttö sujui helposti. Kuvassa 14 on SculptCrafter -työkalu ja primitiiveistä rakennettu etikkahapon molekyylimalli.



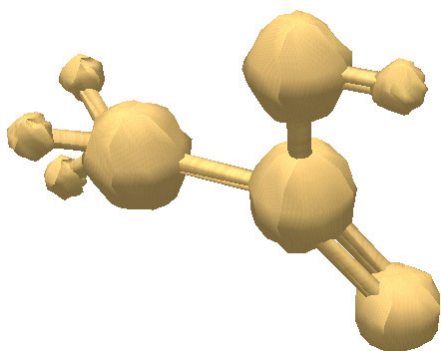
Kuva 14. Veistostiedostojen luomista SculptCrafterilla.

Rakennelman voi tallentaa myöhempää käyttöä varten, mutta se ei ole välttämätöntä. Työkalu ei myöskään tallenna rakennelmia. Sen sijaan SculptCrafter muodostaa valmiista rakennelmasta bmp-tiedoston, jonka voi käydä tallentamassa

kiintolevylleen SculptCrafterin ilmoittamalta web-sivulta (Republic & Daviau, 2010). Kuvassa 15 on tässä molekyylimalli-esimerkissä käytetty bmp-tiedosto.

Kuva 15. SculptCrafterin muodostama bmp-tiedosto molekyylimallia varten.

Tiedoston voi ladata Second Lifeen kuten minkä tahansa tekstuurin. Koska kyseessä on tekstuuri, tarvitaan ensin primitiivi, joka muutetaan oletusarvosta "Box" "Sculpted"-tyyppiseksi. Muokkaustyökaluilla primitiiviin liitetään veistostekstuuri, joka muuttaa primitiivin muotoa, kuva 16.



Kuva 16. Veistostekstuurit on liitetty primitiiveihin ja primitiivit liitetty molekyylimalliksi.

Veistosrakennelmat tarvitsevat siis vain yhden primitiivin. Tässä molekyylimallin tapauksessa veistostiedostoja ja primitiivejä tarvittiin neljä kappaletta, koska eri muotoisten primitiivien tarvitsema kärkien (*vertices*) määrä vaikuttaa SculptCrafterin kykyyn luoda veistostiedostoja. Sovellus pystyy käsittelemään kerrallaan vain korkeintaan 257 kärkeä (Republic & Daviau, 2010). Pyöreät muodot sisältävät enemmän kärkiä kuin suorat muodot. Esimerkiksi pallossa on 9 ja sylinterissä 11 kärkeä, kun kuutiossa on vain 6 kärkeä (Republic & Daviau, 2010). Osiin jakamisesta huolimatta SculptCrafter ei onnistunut kovin hyvin molekyylimallin pyöreiden muotojen luomisessa. Verrattuna kuvan 13 omena, molekyylimallin muodot ovat karkeita ja rumia. Jollakin toisella veistossovelluksella tai 3D-mallinnusohjelmalla saatettaisiin saada kauniimpia muotoja, mutta se vaatisi asian tarkempaa tutkimista ja kokeilemista. Lisäksi tässä esimerkissä ongelmaksi muodostui se, että liitosten ja atomien värejä ja kirjaintekstuureja ei voi lisätä veistokseen kullekin liitokselle ja atomille, koska osa atomeista ja liitoksista oli samaa primitiiviä. Tavoitteena oli säästää rakennelman vaatimia primitiivejä, jossa onnistuttiinkin. Valmiiseen veistokseen pitäisi pintatekstuurit määritellä erikseen jossakin 3D-sovelluksessa kirjaintekstuurien ja värien saamiseksi atomeihin ja liitoksiin.

Molekyyylimallissa käytetty veistos on laadultaan ”Phantom”, jolloin sillä ei ole muita fyysisiä ominaisuuksia kuin pintatekstuuri. Sitä ei voi siis suoraan käyttää vuorovaikutteisena rakennelmana, ainoastaan visuaalisena efektinä. Primitiivin muokkausmahdollisuudet ovat myös rajalliset: primitiivin kokoa, asentoa ja sijaintia voi muuttaa, mutta muut muokkaustavat eivät ole mahdollisia. Veistoksia käytetään paljon esimerkiksi monimutkaisissa koriste-esineissä, koristeellisissa rakennusten osissa kuten pylväissä tai muissa sellaisissa kohteissa, joiden rakentamiseen tarvittaisiin kohtuuttoman paljon primitiivejä ja joissa ulkonäkö on tärkeämpää kuin rakennelman toiminnallisuus tai vuorovaikutteisuus.

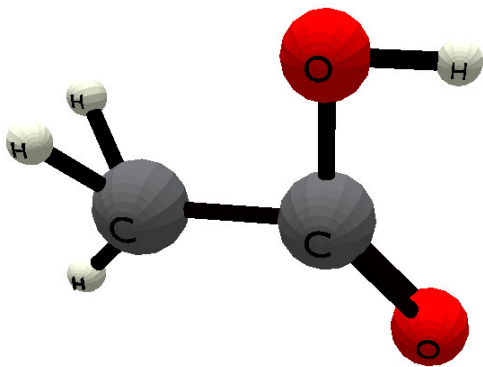
5.3.3. Verkko

Verkko (*mesh*) on tekniikka, jossa mallinnetaan objekteja Second Lifen ulkopuolella erillisellä 3D-mallinnusohjelmalla ja ladataan valmiit rakennelmat xml-tiedostoina Second Lifeen siellä suoraan käytettäväksi. Verkot mahdollistavat yksityiskohtaisemman ja realistisemman esineiden ja avatarien muotoilun, kuin muut rakennustekniikat. Mallinnusohjelmien käyttö sekä rakenteiden ominaisuuksien optimoiminen Second Lifeen ei kuitenkaan ole aivan helppoa, vaan vaatii harjoittelua. Verkko ei Linden Labin mukaan tule korvaamaan perinteistä primitiiveillä rakentamista, vaan täydentää sitä.

Verkko rakentuu eräänlaisesta rautalankamallista, erikokoisista kolmioista, jotka yhdessä muodostavat verkkopintaisen kolmiulotteisen mallin, joka puolestaan vastaa Second Lifen primitiiviä. Yksinkertaisella verkolla on yksi väri ja tekstuuri, kuten Second Lifen perusprimitiiveillä. Verkosta voidaan mallinnusvaiheessa erottaa pintoja (vrt. kuution yksi sivu), joille voidaan määrätä yksilöllisiä tekstuureja (Mesh/Basics, 2012). Verkkorakennelman voi myös paloittaa osiin. Paloiteltu (*rigged*) verkko koostuu yhteen kuuluvista osista, jotka sisältävät ja muodostavat verkkoon virtuaalisen rungon (*skeleton*) (Mesh/Basics, 2012). Runko mahdollistaa verkon muodon muuttamisen esimerkiksi animoimalla. Tällä tavalla voidaan helposti mallintaa esimerkiksi avatareja ilman ylimääräistä skriptausta. Second Lifessa käytetään omaa skriptikieltä, Linden Scripting Language (LSL). Verkoilla on primitiiveihin verrattuna uutena ominaisuutena Land Impact, joka määrittelee, minkä verran tilaa verkkorakennelma vie maa-alueella (Linden, 2011a). Yksi verkkorakennelma voi vastata yhtä tai useampaa primitiiviä. Land Impact lasketaan käyttäen erilaista algoritmia, kuin primitiiveistä tehtyjen rakennelmien tilan tarve (Linden, 2011). Land Impact kertoo, miten paljon kukin verkkorakennelma rasittaa näkymän piirtämistä näytölle sekä vaatii palvelimen suoritustehoa. Taitavalla verkon käytöllä tätä rasittavuutta voidaan keventää merkittävästi.

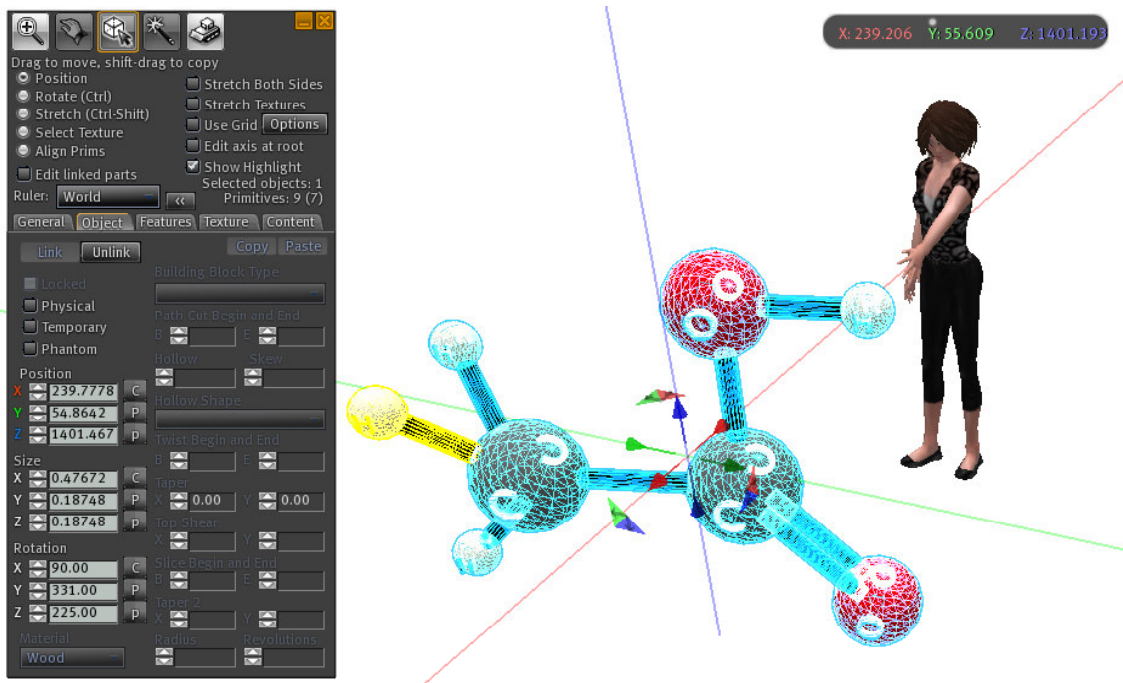
Eräs paljon käytetty 3D-mallinnusohjelma on Blender, jossa voidaan luoda hyvinkin monimutkaisia ja yksityiskohtaisia rakennelmia. Ohjelmia on toki muitakin, mutta Blenderin etu on, että sen saa ilmaiseksi (Mesh/Creating a mesh, 2012). Blenderissä laadittu malli tallennetaan COLLADA 1.4 (COLLABorative Design Activity), -tiedostoksi.

COLLADAA käytetään yleisesti, kun halutaan tuottaa erilaisten vuorovaikutteisten 3D-sovellusten tukemia ja ymmärtämiä tiedostomuotoja (Mesh/Basics, 2012). Tiedoston pääte on `dae`, ja se tuodaan Second Lifeen selaimen `"File"/"Upload"/"Model"` -komennoilla. Tuotu tiedosto on käytettävissä heti sellaisenaan, toisin kuin veistos, joka tarvitsee alustakseen yhden primitiivin. Kuvassa 17 on Blenderissä verkko-tekniikalla rakennettu etikkahapon molekyyli.



Kuva 17. Blenderissä rakennettu etikkahapon molekyylimalli Second Lifessa.

Seuraavassa kuvassa 18 näkee, miten verkkomalli on rakentunut, Blenderissä rakennettu rautalankamalli näkyy tiheänä viivastojen verkostona.



Kuva 18. Blenderissä tehty muoto näkyy rautalankaverkostona mallin pinnalla.

Kuten kuvasta 17 näkee, myöskään verkoilla toteutetut pyöreät muodot eivät ole kovin sulavia tai kauniita, vaikka onnistuivat paremmin kuin SculptCrafterilla. Muotojen

onnistuminen on pitkälti myös rakentajan taidoista riippuvainen asia. Tässä molekyylimalli on paloitettu yhdeksään kappaleeseen, jolloin kustakin kappaleesta, esimerkiksi atomeista tai liitoskappaleista, on mahdollista tehdä vaivattomasti kopioita Second Lifen omilla rakennustyökaluilla, eikä osia tarvitse ladata joka kerta uudelleen uusien mallien rakentamiseksi. Verkkorakennelmasta on Blenderissä eroteltu eri tekstuurien ja värien vaatimat pinnat, mutta primitiivimallissa käytettyjen kirjaintekstuurien sijoittaminen verkkomallin eri osiin ei onnistunut. Ongelma ratkaistiin rakentamalla kirjaimet kolmiulotteisina kappaleina atomien kylkiin ja erottamalla ne omiksi pinnoikseen mustaa taustaväriä varten.

Verkko ei ole mitenkään ylivoimainen rakennustekniikka, kun ajatellaan Second Lifen maa-alueiden sallimia primitiivimääriä. Taitavalla verkkomallintamisella rakennelman Land Impact voi olla hyvinkin edullinen sen kokoon ja monimutkaisuuteen nähden, mutta verkoilla voi saada aikaan myös todella korkeita Land Impact -arvoja. Kaikki pyöreät ja lisäksi ontot muodot saattavat nostaa Land Impact -arvoa moninkertaiseksi, jolloin on edullisempaa rakentaa sama muoto suoraan Second Lifessa käyttäen perusprimitiivejä ja niiden erilaisia muotoilumenetelmiä. Molekyylimallissa Land Impact -arvo oli ensimmäisessä vaiheessa kokonaista 34 primitiiviä, mutta arvoa pystyttiin verkkorakennelmaa optimoimalla laskemaan lopulta seitsemään. Molekyylimallin Land Impact on kuitenkin verkko-esimerkissä suurempi kuin veistos-esimerkissä, jossa tarvittiin vain neljä primitiiviä. Kuten huomataan, tasapainon löytäminen kulloinkin optimaalisimpien rakennustapojen välillä voi olla rakentajalle todella haasteellista.

5.3.4. Yhteenveto rakentelusta ja rakennustavoista

Rakenteluesimerkkien tavoitteena oli havainnollistaa, miten Second Lifessa voidaan luoda erilaista sisältöä, ja minkälaisia huomioon otettavia erityispiirteitä, hyviä puolia ja mahdollisia ongelmia eri rakennustapoihin liittyy.

Esimerkkinä käytetty molekyylimalli oli helppo luoda perusprimitiiveistä vain vähän niiden kokoa muokaten, ainoastaan pintatekstuurit piti luoda kuvankäsittelyohjelmassa ja tuoda Second Lifeen. Primitiiveistä rakennettu molekyylimalli oli myös rakennelmista visuaalisesti onnistunein. Primitiivien tulostaminen tietokoneen näytölle onnistuu Second Lifen palvelimilta hyvin, joten perusprimitiiveistä tehdyissä rakennelmissa ei yleensä esiinny mitään ylimää räisiä pinnan karheuksia tai epämuotoisia muotoja, kuten veistoksista ja verkolla rakennetuissa molekyylimalleissa esiintyi.

Veistoksilla tehty molekyylimalli oli visuaalisesti epämuodostunut, joka todennäköisesti johtui veistoksien luomiseen käytetyn sovelluksen tuottaman bmp-tiedoston asetuksista. Bmp-tiedosto oli mittasuhteiltaan epätyypillinen, matala suorakaide (leveys 512 pikseliä, korkeus 8 pikseliä ja tarkkuus 96 pikseliä), joka saattoi vaikuttaa veistoksen ulkonäköön. Tyypillisesti veistostiedostot ovat mittasuhteiltaan lähempänä neliön muotoa. Veistoksien luomiseen käytetty SculptCrafter ei ehkä ollut ominaisuuksiltaan

paras mahdollinen valinta. Veistoksien luomiseen on olemassa runsaasti sekä ulkoisia että Second Lifessa käytettäviä sovelluksia, ja jokaisella on omat erityispiirteensä. Eri veistossovellusten vertaamiseen ei tässä yhteydessä ollut kuitenkaan resursseja. Edellä kuvattu tilanne on myös muille Second Lifen käyttäjille mahdollinen ja aivan yleinen, koska jokainen rakentaja joutuu etsimään itselleen ja tarkoituksiinsa soveltuvan veistosohjelman kokeilemalla eri sovelluksia, tutustumalla sovelluksista laadittuihin erilaisiin tietolähteisiin tai vertaamalla mielipiteitä ja kokemuksia muiden veistosten tekijöiden kanssa, ja vaihtoehtojen vertailu ja sopivimman sovelluksen löytäminen voi olla työlästä. Veistoksista tehty molekyylimalli jäi myös ilman olennaisen tärkeitä pintatekstuureja, koska primitiivien säästämiseksi molekyylin eri osia muotoiltiin samaan veistokseen ja eri tekstuureja vaativat pinnat olisi pitänyt erottaa jossain 3D-mallinnusohjelmassa vielä omana toimenpiteenään.

Verkolla luotu molekyylimalli oli visuaalisesti astetta onnistuneempi, kuin veistosrakennelma, tosin atomien pinta ei taaskaan ollut yhtä tasainen kuin perusprimitiiveistä tehdyssä molekyylimallissa. Verkkorakennelmaa varten piti asentaa erillinen ulkoinen sovellus, tässä Blender, ja opetella sen käyttö. 3D-mallinnusohjelmien käyttäminen voi olla aloittelijalle hyvinkin haastavaa ja käyttäjän harjaantumattomuus voi vaikuttaa suuresti verkkorakennelman lopputulokseen, erityisesti Land Impact -arvoon, mutta myös muuhun rakennelman käyttökelpoisuuteen. Esimerkin molekyylimalli jaettiin eri osiin, atomit ja liitoskappaleet omiksi osikseen, jolloin kerran Second Lifeen tuotua molekyylimallia voidaan hyödyntää kopioimalla sen eri osia ja käyttämällä niitä uusissa molekyylimalleissa. Toisaalta pintatekstuurien liittäminen verkkorakennelmaan osoittautui lähes mahdottomaksi, koska molekyylimalli oli rakennettu Blenderissä niin, että atomit eivät olleet Second Lifeen tuotuna enää Second Lifen koordinaattiakseliston suuntaisia. Huomionarvoista on, että Blenderissä järkevältä vaikuttanut ja rakentelutyötä helpottanut ratkaisu vaikeuttikin sitten valmiin molekyylimallin käyttöä Second Lifessa.

Molekyylimalleihin ei näissä esimerkeissä toteutettu mitään vuorovaikutteisuutta, lukuun ottamatta kaikille rakennelmille oletusarvoisesti mahdollista muokkausta. Perusprimitiivejä voi Second Lifessa muokata lähes rajattomasti, mutta veistoksia ja verkkorakennelmia voidaan muokata rajoitetummin, lähinnä rakennelmien väriä, pintatekstuuria, kokoa, asentoa tai sijaintia, kaikki muu rakennelman muodon muokkaaminen tulee tehdä kyseisessä sovelluksessa ja tuoda muokattu tiedosto uudelleen Second Lifeen, mikä nostaa rakentelun kustannuksia.

Seuraavassa taulukossa 6 on lyhyt yhteenveto eri rakennustavoista. Rakennustavoista on arvioitu aloittamisen helppous, onko menetelmän tueksi saatavilla opastusta ja tukea, minkälaisia työkaluja tai ulkoisia sovelluksia tarvitaan, valmiiden rakennelmien muokkausmahdollisuudet, rakentamisen kustannukset ja rakennustavan vaikutus rakennelman tilantarpeeseen Second Lifessa.

Taulukko 6. Rakennustapojen vertailu

	Primitiivi	Veistos	Verkko
Aloituskynnys	Matala aloituskynnys.	Korkeahko aloituskynnys.	Korkea aloituskynnys.
Opastus ja tuki	Saatavissa runsaasti tietolähteitä, koulutusta ja vertaistukea Second Lifessa ja internetissä.	Saatavissa runsaasti tietolähteitä, koulutusta ja vertaistukea Second Lifessa ja internetissä.	Saatavissa tietolähteitä, koulutusta ja vertaistukea Second Lifessa ja internetissä.
Työkalut	Työkalut valmiina Second Lifessa. Ei tarvita erillisiä ulkoisia sovelluksia.	Vaaditaan Second Lifessa käytettävä tai ulkoinen veistos-sovellus ja sen hyvä käyttötaito. Sovellukset helppokäyttöisempiä kuin 3D-mallinnusohjelmat.	Vaaditaan ulkoinen 3D-mallinnusohjelma ja sen hyvä käyttötaito. Sovellusten käyttö vaatii opettelua.
Muokkausmahdollisuudet	Monipuoliset primitiivien muotoilumahdollisuudet. Primitiivien ja rakennelmien muokkaaminen on helppoa.	Veistoksesta mahdollista muokata Second Lifessa väri, pintatekstuuri, koko, asento ja sijainti.	Verkosta mahdollista muokata Second Lifessa väri, pintatekstuuri, koko, asento ja sijainti.
Kustannukset	Rakentaminen ei maksa mitään. Tekstuurien lataaminen Second Lifeen on maksullista.	Veistoksen vaatiman kuvatiedoston lataaminen Second Lifeen on maksullista.	Xml-tiedostojen lataaminen Second Lifeen on maksullista.
Tilantarve	Saattaa tarvita paljon primitiivejä, mutta riippuu rakentajan tavoitteista ja taidoista. Etikkahapon molekyyli-malli vaati kuusitoista (16) primitiiviä.	Primitiivien määrä optimoitu: vain yksi primitiivi yhtä veistosta kohden. Veistoksia voi yhdistellä laajemmiksi rakennelmiksi, jolloin käytettyjen primitiivien määrä kasvaa. Etikkahapon molekyyli-malli vaati neljä (4) primitiiviä.	Verkkorakennelman Land Impact voi olla yksi tai enemmän riippuen rakennelman monimutkaisuudesta. Verkkoja voi yhdistellä laajemmiksi rakennelmiksi, jolloin Land Impact -arvo kasvaa. Etikkahapon molekyyli-mallin Land Impact -arvo oli seitsemän (7).

Kaikkien rakennustapojen tueksi löytyy tietolähteitä, koulutusta ja vertaistukea Second Lifessa ja internetissä. Primitiiveillä rakentaminen on rakennustavoista helpoin aloittelijalle, primitiivien käsittelyyn ja muokkaamiseen on kaikissa Second Life -selaimissa valmiit kattavat työkalut. Primitiivien ja rakennelmien muokkaamisen perustyötävät on helppo omaksua jopa ilman opetusta, mutta opettelusta, kurseista ja vertaistuesta on paljon hyötyä rakentelutekniikan kehittämisessä ja nopeuttamisessa. Perusprimitiiveillä rakentaminen ei myöskään maksa mitään, varsinkin jos käyttää Second Lifesta löytyviä ilmaisia tekstuureja rakennelmien pinnan viimeistelyyn.

Veistos ja verkkorakennelma vaativat joko Second Lifessa käytettävän tai ulkoisen sovelluksen ja sen hyvän käyttötaidon. Veistos ja verkko optimaalisesti käytettyinä toisaalta pienentävät rakennelman tilantarvetta, toisaalta sovelluksissa luotujen kuva- ja xml-tiedostojen tuominen Second Lifeen lisää rakentelukustannuksia. Yhdellä veistos-

tiedostolla voidaan kuitenkin luoda määrättömästi identtisiä veistoksia, samoin xml-tiedostoilla luotuja verkkorakennelmia voidaan kopioida. Lisäksi optimaalisten verkkorakennelmien laatiminen voi olla hyvinkin haastavaa ja veistoksien ja verkkojen muokkaaminen jälkikäteen Second Lifessa on rajoitetumpaa kuin primitiivien muokkaaminen. Toisaalta kannattaa muistaa, että valmiita veistostiedostoja saa myös Second Lifesta ja jopa ilmaiseksi, mutta niiden muokkaaminen ei yleensä ole sallittua, joten yksilölliset veistostiedostot todennäköisesti täytyy tehdä aivan itse.

Yhteenvetona rakennustapojen kokeiluista voidaan todeta, että primitiiveillä rakentaminen on helppoa aloittaa ja oppia, lisäksi se on edullista ja tehokasta ja mahdollistaa monimutkaistenkin rakennelmien luomisen, jos ei tarvitse ottaa huomioon tiettyjä rajoituksia, kuten maa-alueen sallimia primitiivimääriä. Veistosten ja verkkorakennelmien käyttäminen vaatii ensiksikin näiden rakennustapojen mahdollisuuksien ja rajoitusten ymmärtämistä, huomattavasti enemmän opettelua ja myös taloudellisia resursseja. Kuitenkin, veistosten ja verkkorakennelmien käyttämisestä perusprimitiivien sijasta tai lisäksi saattaa olla hyötyä, jos halutaan luoda pysyviä tai erittäin monimutkaisia rakennelmia, joita ei juuri tarvitse muokata Second Lifessa, ja joita voidaan mahdollisesti myös käyttää kopioina useassa eri yhteydessä.

5.4. Mallinnustapojen vertailua

Edellä esiteltiin kolme tapaa mallintaa molekyyliä: fyysiset rakennussarjat, tietokoneavusteinen mallinnus ja molekyylien rakentaminen Second Lifessa. Molekyyylimallien rakentaminen oppitunnilla fyysisillä rakennussarjoilla on helposti käyttöön otettava havainnollistamiskeino, joka on lisäksi oppijoita aktivoivaa ja sallii oppijoiden tehdä asioita omin käsin. Fyysisen mallin rakentaminen esimerkkikuvan tai sanallisen ohjeen mukaan auttaa kiinnittämään huomiota atomien ja molekyylien perusasioihin konkreettisella tasolla, ja selventää abstraktia asiaa käsin kosketeltavasti. Valmista mallia voidaan tarkastella eri kulmista ja tutkia sen ulottuvuuksia ja rakennetta. Fyysiset rakennussarjat ovat myös kohtuullisen edullisia, mutta niiden yhtenä rajoituksena on, että ne ovat oppijoiden käytössä tavallisesti vain koulun tiloissa ja kouluaikaan. Toinen rajoitus on, että fyysisissä rakennussarjoissa on vain tietty määrä tiettyjä atomeita ja sidoksia, lisäksi rakennussarjoilla on vaikea kuvata kemiallisia reaktioita.

Tietokoneavusteisen molekyyylimallinnuksen vahvuus sen sijaan on juuri atomien ja molekyylien käyttäytymisen havainnollistamisessa, esimerkiksi molekyyleille ominaisen värähtelyn mallintamisessa tai sen kuvaamisessa, miten molekyylit muuttuvat kemiallisten reaktioiden aikana ja mitä molekyyleille tapahtuu reaktioiden eri vaiheissa ja minkälaisia uusia molekyyliä reaktioiden aikana syntyy. Lisäksi tietokonesovelluksilla voidaan mallintaa monimutkaisempia ja enemmän atomeja sisältäviä molekyyliä, kuin fyysisillä rakennussarjoilla, ja tarkastella niitä kolmiulotteisesti useasta katselukulmasta tietokoneen näytöllä. Opetuksen lomassa tehtävät tietokoneavusteiset mallinnus-

harjoitukset vaativat luonnollisesti yhden tai useampia tietokoneita ja koulukäyttöön sopivia mallinnusohjelmia, joita nykyään onkin saatavilla. Mallinnusharjoitukset vaativat niihin käytetyn sovelluksen ominaisuuksien ja mahdollisuuksien tuntemusta ja käytön hallintaa, joka esimerkkiohjelmien lyhyiden kokeilujen perusteella on kuitenkin kohtuullisen helppo omaksua. Tietokoneavusteista molekyylihallinnasta on mahdollista harjoitella myös vapaa-ajalla, koska useat ohjelmat ovat vapaasti saatavissa internetissä ja lisäksi ainakin edellä esiteltyihin sovelluksiin oli luotu valmiiksi lukion opetussuunnitelman mukaisia sisältöjä, tietopaketteja, tehtäviä ja esimerkkejä. Sovellusten esimerkit ja tehtävät oli myös ohjeistettu riittävällä tarkkuudella, jolloin niitä pystyy suorittamaan myös itsenäisesti.

Molekyylihallinnus virtuaalimaailmassa on sekä opettajille että oppijoille edellisiin mallinnustapoihin verrattuna varmasti kaikkein haastavinta. Lisäksi virtuaalimaailman ottaminen käyttöön opetusympäristönä ei ole ongelmatonta. Menestyksellinen toimiminen virtuaalimaailmassa edellyttää monenlaisia taitoja, kuten esimerkiksi käyttöympäristön hallintaa, sosiaalisia taitoja, rakentelu- ja skriptaus-taitoja sekä ymmärrystä siitä, mitä virtuaalimaailmassa opettaminen ja oppiminen tarkoittaa sekä opetusjärjestelyjen että toimintakulttuurin kannalta. Rakenteluesimerkkien perusteella molekyylihallintamisen kannalta virtuaalimaailma tarjoaa kuitenkin paljon mielenkiintoisia mahdollisuuksia. Molekyylimalleja Second Lifessa rakentaessa tuli esille, että jo yksinkertaisen atomin ja sidoksen rakentamiseksi täytyi ottaa selville huomattava määrä taustatietoa, alkaen siitä, minkä kokoisina ja värisinä atomit yleensä esitetään, mitkä ovat eri atomien keskinäiset kokoerot, minkä kokoisena ja värisenä atomien välinen sidos esitetään, onko atomien sijainnilla suhteessa toisiin atomeihin merkitystä, kuinka monta atomia voi olla sidoksissa yhteen atomiin, mitkä ovat atomien etäisyydet ja sidosten kulmat ja niin edelleen. Toisin sanoen, yksinkertaisenkin molekyylihallinnon rakentaminen Second Lifessa edellyttää rakentajalta kohtuullisen yksityiskohtaista tietoa ja syvällistä ymmärrystä atomien fyysisistä ominaisuuksista, keskinäisistä suhteista ja käyttäytymisestä. Näitä kysymyksiä ja tietotarpeita ei herännyt mallinnusohjelmia käytettäessä. Tämä saattaa johtua siitä, että tavat esittää atomien, sidosten ja molekyylien eri yksityiskohdat perustuvat alalla yleisesti tiedettyihin perusasioihin ja vallitseviin käytäntöihin. Yksityiskohdat ovat hiljaista tietoa, joka on päätetty sovelluksen suunnittelu- ja ohjelmointivaiheissa, eikä käyttäjä keskittyessään tehtävien suorittamiseen tule välttämättä kiinnittäneeksi niihin huomiota, varsinkaan ilman erityistä syytä.

Second Lifessa tehtyjen rakentelukokeilujen perusteella voi todeta, että rakentelu oli huomattavan tehokas oppimistapa aikaisemmin esimerkkeinä esiteltyihin tietokone-sovelluksiin verrattuna, vaikka rakentelukokeiluissa ei edettykään yksinkertaista molekyylihallintaa pitemmälle. Jo tällaisen suppeankin molekyylien rakentelukokeilun perusteella heräsi runsaasti lisäkysymyksiä, esimerkiksi miten molekyyli värähtelee, minkälaista liikerataa molekyyli tekee värähdellessään, onko värähtely jatkuvaa ja

muuttumatonta vai muuttuuko esimerkiksi värähtelyn taajuus tai liikerata, ja miten värähtely, eri ominaisuudet ja mahdollinen muuttuminen olisi mahdollista toteuttaa Second Lifessa.

Second Lifessa molekyylimalleja on kokeilujen perusteella mahdollista luoda, muokata ja kehittää lähes rajattomasti, laajentaen niitä yksittäisten molekyyliin malleista esimerkiksi reaktioiden kuvauksiksi. Lisäksi molekyyliin ulkomuotoa voidaan muokata erilaisten pintatekstuuriin, primitiivien erikoisominaisuuksien, kuten läpinäkyvyyden tai hohdon, avulla tietokoneohjelmien tarjoamia visuaalisia malleja pitemmälle. Esimerkiksi mallinnusohjelmissa yhtenä yleisesti sovittuna esitystapana oleva sidoksen putkimalli voidaan korvata enemmän sidoksen sähköistä luonnetta kuvaavalla animoidulla sidoksella.

Molekyyliin rakentelu virtuaalimaailmassa herätti siis paljon kysymyksiä, joihin vastauksen etsiminen avasi uusia näköaloja kemiaan ja lisäsi kiinnostusta kemian ilmiöitä kohtaan. Yksityiskohtien ja kysymysten selvittäminen on oppimisessa usein työläin ja eniten aikaa vievä osuus, mutta samalla se on tehokasta ja syventää oppijoiden tietämystä ja ymmärrystä opittavista asioista ja ilmiöistä. Yksityiskohtiin ja kysymyksiin voidaan etsiä vastauksia joko asiantuntijoilta tai yhteisöllisesti tietoa hakien ja jakaen ja näin syventää sekä yksilön että koko yhteisön oppimista.

Yhteenvetona molekyylimallintamisesta eri tavoilla voidaan todeta, että valmiiksi tai osittain valmiiksi tehdyt havainnollistukset, kuten kaaviot, kuvat, fyysiset tai tietokoneavusteiset molekyylimallit ovat helposti otettavissa käyttöön ja havainnollistavat tehokkaasti atomien ominaisuuksia, keskinäisiä suhteita ja käyttäytymistä. Mallinnustavat yhdistävät opetuksen symbolisen tason, abstraktin tiedon ja kokeellisen tason ja auttavat kehittämään kokonaiskuvaa käsiteltävästä aiheesta. Molekyylimallinnus Second Lifessa, varsinkin, jos se tehdään alusta asti itse, auttaa myös oppijoita tutustumaan kemiallisiin ilmiöihin havainnollisesti ja kolmiulotteisesti, mutta myös ottamaan selvää niistä ilmiön piirteistä ja yksityiskohdista, joihin he eivät muuten välttämättä kiinnittäisi huomiota ilman erityistä syytä. Lisäksi Second Life mahdollistaa sujuvan yhteistyön, molekyylimallien rakentamisen ja kehittämisen yhteistyössä sekä tehokkaan tiedon jakamisen koko yhteisön kesken.

6. Second Lifen ominaisuudet rakenteluesimerkkien valossa

Tässä luvussa tarkastellaan ja arvioidaan Second Lifessa tehtyjä rakentelukokeiluja luvussa 4 laaditun arviointikriteeristön avulla ja verrataan Second Lifessa rakentelun aikana havaittuja ominaisuuksia kriteeristössä esitettyihin virtuaalimaailmojen ominaisuuksiin ja niiden kuvauksiin. Tällä tavalla pyritään arvioimaan, miten Second Lifen ominaisuudet mahdollistavat asiantuntijuuden jakamista, syventävän tiedon etsimistä sekä artefaktien luomista ja käyttämistä, jotka ovat keskeisiä tiedonrakentelun osatekijöitä. Lopuksi rakenteluesimerkkejä tarkastellaan opettajan, oppijan että harrastajan näkökulmista. Opettajan ja oppilaan rooleissa on omat erityiset tehtävänsä. Opettajan näkökulmasta mielenkiinnon kohteena on erityisesti oppimisympäristöjen ja -tehtävien rakentaminen ja oppijan näkökulmasta oppimistehtävien suorittaminen. Kysymys tietoteknisen asiantuntijuuden määrästä on yhteinen kaikille kolmelle käyttäjäryhmälle: mitä ja minkälaista asiantuntijuutta vaaditaan tiedonrakenteluprosessien toteuttamiseksi onnistuneesti virtuaalimaailmassa.

Sekä rakentelukokeilujen että Second Lifen ominaisuuksien arviointi perustuu kirjoittajan omiin havaintoihin rakentelusta ja Second Lifesta. Arviointikriteerien toteutumista tarkasteltiin siis hyvin subjektiivisesti, kirjoittajan omien kokemusten ja käsitysten pohjalta.

6.1. Oppimista tukevat ominaisuudet

Seuraavaksi käydään läpi luvun 4 taulukossa 4 mainitut virtuaalimaailmojen ominaisuudet. Alla olevassa arvioinnissa kunkin ominaisuuden kohdalla esitetyt havainnot on numeroitu vastaavasti, kuin taulukon 4 ominaisuuksien kuvaukset. Lopuksi on ilmaistu, kuinka moni niistä kuvauksista, jotka voitiin arvioida, toteutui.

Reaalimaailman aidot ongelmat

1. Kemiallisten molekyylien mallinnus on hyvä esimerkki reaalimaailman todellisesta ongelmasta. Kemiallisten yhdisteiden mallinnus on keskeisellä sijalla kemian tutkimisessa ja opettamisessa, mallinnus helpottaa muilla tutkimusmenetelmillä saadun tiedon ymmärtämistä visualisoimalla sitä. Molekyylien mallinnus Second Lifessa osoittautui erityisen tehokkaaksi tavaksi kiinnittää oppijan huomio molekyylin keskeisiin yksityiskohtiin.

Yksi kuvaus, joka toteutui.

Kolmiulotteisuus

1. Second Lifessa ympäristö ja esineet ovat kolmiulotteisilta vaikuttavia esityksiä kaksiulotteisella tietokoneen näytöllä.
2. Esimerkin molekyylimallia voidaan tarkastella useasta näkökulmasta, jopa niiden sisäpuolelta. Avataren ei tarvitse päästä molekyylimallin sisään, pelkkä katselupisteen kohdistaminen mallin haluttuun kohtaan sallii katsojan tutkia

mallia mistä tahansa näkökulmasta. Lisäksi avatar voi kävellä tai vaikka lentää molekyylimallin ympäri tarkastellakseen sitä haluamastaan kulmasta.

Kaksi kuvausta, joista molemmat toteutuivat.

Tiedon visualisointi

1. Molekyylimallilla voidaan esittää kolmiulotteista tietoa molekyyleistä, atomien järjestyksestä ja sitoutumisesta toisiinsa, atomien keskinäisestä suhteellisesta koosta sekä muista ominaisuuksista.
2. Molekyylimallit eivät mielestäni ole abstraktin käsitteen tai ilmiön visualisointeja, koska kemialliset molekyylit ovat pienuudestaan huolimatta hyvinkin konkreettisia objekteja, joilla on erilaisilla tutkimusmenetelmillä havaittavia ja mitattavia ominaisuuksia. Molekyylimallit ovat kuitenkin ilmiön kolmiulotteisia visualisointeja.
3. Kemialliset yhdisteiden molekyylit ja niiden ominaisuudet ovat hyvä esimerkki tiedosta, jota on kohtuullisen vaikea kuvailla sanallisesti ja samalla havainnollisesti.
4. Rakentamalla esimerkiksi simulaatio kemiallisesta reaktiosta voidaan visualisoida prosessia, jossa syntyy jotain uutta. Simulaatiota ei kuitenkaan rakennettu, joten tämä kuvaus jää toteutumatta.
5. Molekyylien mallinnus on esimerkki siitä, miten Second Lifea voidaan käyttää saavuttamattoman paikan rakentamisessa.

Viisi kuvausta, joista neljä toteutui.

Simulaatiot

1. Pelkkien tätä tutkielmaa varten rakennettujen molekyylimallien perusteella on vaikea arvioida, miten autenttinen tai uppouttava molekyyleihin tai niiden välisiin kemiallisiin reaktioihin liittyvä simulaatio olisi. Tämä kuvaus jää siis toteutumatta.
2. Kemiallisten reaktioiden simulaatio olisi kuitenkin eittämättä mikroskooppinen ympäristö ja sisältäisi muuttuvaa toimintaa.

Kaksi kuvausta, joista toinen toteutui.

Vuorovaikutus ympäristön kanssa

1. Second Lifessa avatar tavallisesti sijoittuu virtuaalimaailmaan ja sen mittasuhteisiin hyvin. Molekyylimallit on kuitenkin rakennettu ympäristössä, jossa on valkea tausta, joten molekyylimallien mittasuhteita on vaikea arvioida vertaamalla niitä ympäristön kohteisiin. Taustan väri valittiin mahdollisimman neutraaliksi, jotta tutkielmassa kuvien tausta ei häiritsisi varsinaisen sisällön havaitsemista. Tästä huolimatta kuvauksen voi katsoa toteutuvan.
2. Käyttäjät voivat Second Lifessa rakentaa kaikkialla, missä se ei ole erikseen kielletty. Maa-alueen omistaja voi määritellä alueen rakennusoikeudet ja sallia

ne kaikille, jollekin tietylle ryhmälle tai ryhmille, vain erikseen nimetyille avatareille tai vain itselleen. Esineiden muokkaaminen toimii samoilla periaatteilla. Rakennelman laatija omistaa rakennelmansa ja kaikki sen käyttö- ja muokkausoikeudet oletusarvoisesti. Rakennelman laatija voi säätää rakennelmansa muokkausoikeuksia samaan tapaan kuin rakennusoikeuksia eri ryhmille ja avatareille. Esimerkkien molekyyylimallit ovat lähtökohtaisesti vain ne rakentaneen avataren muokattavissa, mutta opetuskäytössä atomien ja liitoksien muokkausoikeuksia on järkevää sallia esimerkiksi oppilasryhmälle.

3. Rakennetut molekyyylimallit eivät olleet vuorovaikutteisia, eli tämä kuvaus ei toteutunut. Primitiivit ja niistä rakennetut rakennelmat ovat oletusarvoisesti vuorovaikutteisia vain muutamilla yksinkertaisilla tavoilla, primitiiviä tai rakennelmaa klikattaessa avatar voi esimerkiksi istua niiden päälle, tarkentaa (*zoom*) niihin tai koskettaa (*touch*) lisätietoa saadakseen. Tätä monimutkaisempi vuorovaikutteisuus vaatii Second Lifen oman skriptikielen käyttöä.

Kolme kuvausta, joista kaksi toteutui.

Vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa

1. Second Lifessa käyttäjät jakavat tilan keskenään, eli sijaitsevat samassa tilassa yhtä aikaa.
2. Käyttäjät ovat myös tilassa, joka mahdollistaa sosiaalisen vuorovaikutuksen äänen (*voice chat*), paikallisen kirjoitetun keskustelun (*local chat*), yksityisviestien (*instant message*) tai avataren eleiden ja animaatioiden avulla. Käyttäjät voivat kommunikoida reaaliaikaisesti toistensa kanssa ja vuorovaikuttaa myös epämuodollisesti.
3. Sen sijaan esimerkkien perusteella on vaikea ottaa kantaa siihen, ovatko molekyyylimallit sosiaalisia objekteja, joiden ympärille muodostuu vuorovaikutusta. Tämä riippuu tavasta, joilla molekyylimalleja käytetään, käytetäänkö niitä pelkästään molekyylien rakenteen tutkimiseen vai ovatko ne osa simulaatioita tai yhteisöllisesti kehitettäviä kohteita. Tämä kuvaus jää toteutumatta.
4. Käyttäjät voivat vuorovaikuttaa reaaliaikaisesti.
5. Käyttäjät voivat vuorovaikuttaa myös epämuodollisesti.
6. Erilaisten roolien kokeilemisen mahdollisuus on epävarmaa esimerkkien perusteella, eli tämä kuvaus ei toteutunut.

Kuusi kuvausta, joista neljä toteutui.

Uppoutuminen

1. Ympäristön helppokäyttöisyyttä, kiinnostavuutta ja todentuntuisuutta on vaikea arvioida rakenteluesimerkkien perusteella, koska varsinkin helppo-

käyttöisyys ja kiinnostavuus ovat subjektiivisia kokemuksia. Tämä kuvaus ei toteutunut.

2. Myös ympäristön visuaalinen kiinnostavuus tai asetettujen tavoitteiden kiinnostavuus on subjektiivinen kokemus. Molekyyylimallien rakentaminen osoittautui kiinnostavaksi tehtäväksi, mutta yksittäistä havaintoa ei voi yleistää. Tässä tapauksessa kuvaus voidaan kuitenkin katsoa toteutuneeksi. Lisäksi käyttäjä voi toimia Second Lifessa tavalla, joka voimaannuttaa käyttäjää, esimerkiksi lentää tai tutkia rakennelmia niiden sisäpuolelta, jonka perusteella toiminnallinen uppoutuminen on mahdollista.
3. Käyttäjä voi myös luoda suhteita muihin käyttäjiin ja Second Lifessa voidaan toistaa reaali maailman tapahtumia, esimerkiksi juuri molekyylien välisiä reaktioita, jotka mahdollistavat symbolisen uppoutumisen.

Kolme kuvausta, joista kaksi toteutui.

Läsnäolo

1. Edellisen kohdan perusteella Second Lifessa on siis mahdollista kokea uppoutumista ja läsnäoloa.
2. Second Lifessa käyttöliittymän eri vuorovaikutustavat yhdistävät käyttäjät toisiinsa ja käyttäjät voivat vuorovaikuttaa sosiaalisesti ja emotionaalisesti ja ilmaista itseään kuten todelliset ihmiset.
3. Käyttäjät ovat toistensa tavoitettavissa ja voivat vuorovaikuttaa myös ryhmänä. He voivat jakaa ja muokata tietoa ja yhteistä historiaa käyttöliittymän mahdollistamien vuorovaikutustapojen lisäksi käyttämällä tiedon jakamiseen tarkoitettuja työkaluja. Tällaisia työkaluja ovat esimerkiksi esitystaulut, joiden avulla voi näyttää Second Lifessa PowerPoint -esityksen, ja muut käyttäjät voivat muokata esitystä yhdessä. Esitystaulujen avulla voidaan esittää myös kaikkea internet-sisältöä, esimerkiksi YouTube-videoita tai Google Drive -dokumentteja, joita voidaan muokata Second Lifessa.
4. Työkalut mahdollistavat kognitiivisen läsnäolon ja tiedon prosessoinnin yksilöllisesti ja yhteisöllisesti. Työkalut mahdollistavat uuden tiedon saatavuuden ja tiedon prosessointi yhdessä mahdollistaa myös hiljaisen tiedon saatavuuden.
5. Rakenteluesimerkkien perusteella on vaikea sanoa, mahdollistavatko ne henkilökohtaisesti merkityksellisen tai koulutuksellisesti tarkoituksenmukaisen oppimisen. Subjektiivisen kokemuksen mukaan mallien rakentelu oli tehokas keino kiinnittää huomio yksityiskohtiin ja lisäksi kiinnostavaa, mutta kuvauksen tueksi tarvittaisiin useampia saman suuntaisia havaintoja. Tämä kuvaus ei siis toteutunut. Tarkoituksenmukaisesti käytettynä ja kehittämällä malleja edelleen, esimerkiksi molekyyylimallien rakentelun

työpajaksi, on mahdollista kehittää käyttäjän asiantuntemusta ja itseluottamusta.

Viisi kuvausta, joista neljä toteutui.

Opitun siirtovaikutus

1. Rakentelukokemuksen perusteella Second Lifessa molekyylejä rakennellessa opitut asiat atomeista, sidoksista ja muista yksityiskohdista ovat sovellettavissa myös reaali maailmassa. Voi hyvin olettaa, että molekyyliden mallinnus ja erityisesti kemiallisten reaktioiden mallinnus Second Lifessa voisi auttaa esimerkiksi reaktioiden ja yhdisteiden suunnittelua ja toteuttamista reaali maailmassa ja Second Lifessa opittua voisi siten hyödyntää reaali maailman vastaavissa tilanteissa.

Yksi kuvaus, joka toteutui.

Kuvaan 19 on koottu arvioinnin tulokset. Kunkin ominaisuuden kohdalla on merkitty toteutuiko kuvaus vai ei. Merkinnät ovat: K = Kyllä, kuvaus toteutui, E = Ei, kuvaus ei toteutunut. Koska kuvauksia oli vaihteleva määrä, osa kuvauksista on ilman arviota.

Ominaisuudet ja kuvaukset	kuvaus 1	kuvaus 2	kuvaus 3	kuvaus 3	kuvaus 5	kuvaus 6
Reaali maailman aidot ongelmat	K					
Kolmiulotteisuus	K	K				
Tiedon visualisointi	K	K	K	E	K	
Simulaatiot	E	K				
Vuorovaikutus ympäristön kanssa	K	K	E			
Vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa	K	K	E	K	K	E
Uppoutuminen	E	K	K			
Läsnäolo	K	K	K	K	E	
Opitun siirtovaikutus	K					

Kuva 19. Kuvauksien toteutuminen rakenteluesimerkkien perusteella.

Rakentelukokeilujen aikana Second Lifessa oli tunnistettavissa huomattavan moni kirjallisuudessa esille tullut oppimista tukeva ominaisuus. Ominaisuuksien kuvauksia tarkasteltaessa mikään mainituista ominaisuuksista ei jäänyt täysin toteutumatta. Simulaation autenttisuutta tai sen uppouttavaa ominaisuutta oli vaikein arvioida yksinkertaisen molekyylimallin perusteella. Samoin molekyylimallien sosiaalisuuteen ja vuorovaikutteisuuteen liittyviä ominaisuuksia oli vaikea havainnoida, koska ympäriltä puuttui sosiaalinen tiedonrakentelun yhteisö eikä molekyylimalleihin toteutettu mitään vuorovaikutteisuutta. Parhaiten toteutuneet ominaisuudet olivat mahdollisuus käsitellä reaali maailman aitoja ongelmia, kolmiulotteisuus, tiedon visualisointi, läsnäolo ja opitun siirtovaikutus.

6.2. Tiedonrakentelun prosessit

Seuraavaksi arvioidaan Second Lifessa havaittujen oppimista tukevien ominaisuuksien vaikutusta asiantuntijuuden jakamiseen, syventävän tiedon etsintään ja artefaktien luomiseen ja käyttämiseen. Tavoitteena on arvioida, miten ja missä määrin Second Lifen ominaisuudet soveltuvat tiedonrakentelun prosesseihin. Huomattavaa kuitenkin on, että opitun siirtovaikutus ei liity seuraavaksi arvioitaviin tiedonrakentelun prosesseihin.

Asiantuntijuuden jakaminen. Vuorovaikutus ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa onnistuvat hyvin Second Lifessa (vuorovaikutus ympäristön kanssa: kaksi kuvausta kolmesta, vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa: neljä kuvausta kuudesta). Hyvä vuorovaikutus perustuu sosiaalisen ja yhteisläsnäolon kokemuksiin, ja ne toteutuvat Second Lifessa myös hyvin (läsnäolo: neljä kuvausta viidestä). Vuorovaikutus on tärkeää asiantuntijuuden jakamisessa, ja Second Lifessa on käytössä useita vuorovaikutuskanavia. Toinen yhtä tärkeä tekijä asiantuntijuuden jakamisessa on oppimisympäristön tarjoama muistikirja oppimisprosessille, eli tiedon tallentaminen niin, että se on kaikkien tiedonrakenteluun osallistuvien saatavilla. Löydettyä ja yhteisesti luotua tietoa voidaan tallentaa joko Second Lifen ulkopuolisiin tietokantoihin, kuten Google Driveen, tai Second Lifessa erilaisiin artefakteihin, esimerkiksi primitiiveihin, joihin voidaan upottaa kaikkien luettaviksi muun muassa muistilappuja (*notecard*), jotka ovat käyttäjien Second Lifen työkaluilla tekemiä yksinkertaisia tekstitiedostoja. Kuvassa 20 on esitetty asiantuntijuuden jakamiseen liittyvät ominaisuudet. Second Lifen ominaisuudet tukevat jaettua asiantuntijuutta hyvin, kun yhteensä kymmenen kuvausta neljästätoista toteutui.

Ominaisuudet ja kuvaukset	kuvaus 1	kuvaus 2	kuvaus 3	kuvaus 3	kuvaus 5	kuvaus 6
Vuorovaikutus ympäristön kanssa	K	K	E			
Vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa	K	K	E	K	K	E
Läsnäolo	K	K	K	K	E	

Kuva 20. Asiantuntijuuden jakamiseen liittyvät ominaisuudet. Kuvauksia yhteensä 14, joista toteutui 10.

Syventävän tiedon etsintä. Reaalimaailman aitojen ongelmien käsitteleminen ja tiedon visualisointi onnistuvat Second Lifessa erittäin hyvin (reaalimaailman aidot ongelmat: yksi kuvaus, tiedon visualisointi: neljä kuvausta viidestä). Uppoutuminen ympäristöön ja vuorovaikutus ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa onnistuvat myös hyvin Second Lifessa, joko vuorovaikutteisten työkalujen tai yhteisöllisesti kehitettävien artefaktien avulla (vuorovaikutus ympäristön kanssa: kaksi kuvausta kolmesta, vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa: neljä kuvausta kuudesta, uppoutuminen: kaksi kuvausta kolmesta). Uuden tiedon etsimisessä on erittäin tärkeää tiedon saavutettavuus ja laatu ja lisäksi mahdollisuus jakaa, yhdistellä ja arvioida tietoa yhteisöllisesti. Tiedon

syventäminen Second Lifessa on mahdollista järjestämällä asiantuntijakontakteja tai erilaisia simulaatioita ja testejä (simulaatiot: yksi kuvaus kahdesta). Second Lifessa etuna voisi ajatella olevan, että sekä tiedon lähteet että välittävät artefaktit voivat sijaita samassa paikassa yhtä aikaa kaikkien tiedonrakenteluun osallistuvien käytettävissä. Kuvassa 21 on esitetty syventävän tiedon etsintään liittyvät ominaisuudet. Koska ominaisuuksien kuvauksista toteutui yhteensä neljätoista kahdestakymmenestä, Second Lifen ominaisuudet vaikuttaisivat tukevan syventävän tiedon etsimistä kohtuullisen hyvin.

Ominaisuudet ja kuvaukset	kuvaus 1	kuvaus 2	kuvaus 3	kuvaus 3	kuvaus 5	kuvaus 6
Reaalimaailman aidot ongelmat	K					
Tiedon visualisointi	K	K	K	E	K	
Simulaatiot	E	K				
Vuorovaikutus ympäristön kanssa	K	K	E			
Vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa	K	K	E	K	K	E
Uppoutuminen	E	K	K			

Kuva 21. Syventävän tiedon etsintään liittyvät ominaisuudet. Kuvauksia yhteensä 20, joista toteutui 14.

Artefaktien luominen ja käyttäminen. Second Lifessa on hyvät mahdollisuudet reaalimaailman aitojen ongelmien käsittelemiseen ja tiedon kolmiulotteiseen visualisointiin erilaisten rakennelmien avulla (reaalimaailman aidot ongelmat: yksi kuvaus, kolmiulotteisuus: kaksi kuvausta kahdesta, tiedon visualisointi: neljä kuvausta viidestä). Lisäksi rakennelmia voidaan luoda ja muokata yhteisöllisesti ja ne voivat välittää tietoa, myös hiljaista tietoa, tiedonrakenteluun osallistuvien välillä (vuorovaikutus ympäristön kanssa: kaksi kuvausta kolmesta, vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa: neljä kuvausta kuudesta). Second Lifeen voidaan rakentaa erilaisia kokeiluja, mikroskooppisia, saavuttamattomia tai kadonneita paikkoja ja erilaisia simulaatioita (simulaatiot: yksi kuvaus kahdesta). Kuvassa 22 on esitetty artefaktien luomiseen ja käyttämiseen liittyvät ominaisuudet. Second Lifen ominaisuudet soveltuvat artefaktien luomiseen, käyttämiseen ja muokkaamiseen hyvin, kun kuvauksista toteutuu yhteensä neljätoista yhdeksästätoista.

Ominaisuudet ja kuvaukset	kuvaus 1	kuvaus 2	kuvaus 3	kuvaus 3	kuvaus 5	kuvaus 6
Reaalimaailman aidot ongelmat	K					
Kolmiulotteisuus	K	K				
Tiedon visualisointi	K	K	K	E	K	
Simulaatiot	E	K				
Vuorovaikutus ympäristön kanssa	K	K	E			
Vuorovaikutus toisten käyttäjien kanssa	K	K	E	K	K	E

Kuva 22. Artefaktien luomiseen ja käyttämiseen liittyvät ominaisuudet. Kuvauksia yhteensä 19, joista toteutui 14.

Koska Second Lifessa havaitut oppimista tukevat ominaisuudet toteutuivat niinkin hyvin, ominaisuuksien kuvauksista toteutui vähintään puolet ja muutaman ominaisuuden kuvauksista jopa kaikki, voidaan päätellä, että Second Lifen ominaisuudet sekä tukevat oppimista että tarjoavat hyvän ympäristön tiedonrakentelulle. Kaikki tiedonrakentelun prosessit perustuvat jaettuun asiantuntijuuteen. Asiantuntijuuden onnistuneeseen jakamiseen vaikuttavat eniten vuorovaikutukseen ja läsnäoloon liittyvät ominaisuudet, jotka Second Lifessa ovat hyviä. Useimmat arvioitavista ominaisuuksista vaikuttavat uuden tiedon etsimiseen sekä välittävien ja kohteellisten artefaktien luomiseen, käyttämiseen ja kehittämiseen, ja suuri osa näistä ominaisuuksista toteutui Second Lifessa hyvin. Muutamien ominaisuuksien arvioinnissa oli tutkimusmetodista johtuvia haasteita, mutta arvion perusteella mikään ominaisuus ei ainakaan muodosta kriittistä estettä tiedonrakentelun soveltamiselle Second Lifessa.

6.3. Digitaalinen kansalaisuus

Lopuksi arvioidaan opettajan, oppilaan ja harrastajakäyttäjän tietoteknisten taitojen tarvetta Second Lifessa ja kuinka paljon harjoittelua erilaisten taitojen hankkiminen mahdollisesti vaatii. Digitaalinen kansalaisuutta on tässä yhteydessä tarkoituksenmukaista ja mielekästä tarkastella siitä näkökulmasta, että tiedonrakentelussa keskeisten kohteellisten ja välittävien artefaktien käyttäminen ja kehittäminen virtuaalimaailmassa vaatii luonnollisesti virtuaalimaailman käyttötaitoja. Tutkivan oppimisen yhteisössä tulee edes joillakin sen jäsenillä, mielellään kaikilla, olla taitoa luoda ja muokata artefakteja tai rakentaa artefakteihin erilaista toiminnallisuutta skripti-kielen avulla. Tiedonrakenteluyhteisön jäsenet tarvitsevat virtuaalimaailmassa toimiessaan tietämystä siitä, minkälaisia rakennelmia ja muita sisältöjä siellä voidaan luoda ja miten ja mihin rakennelmia voidaan käyttää sekä miten tai minkälaisia sisältöjä virtuaalimaailmaan voidaan tuoda muista sovelluksista. Tiedonrakentelussa tarvittavia virtuaalimaailman käyttötaitoja ovat esimerkiksi vuorovaikutustaidot käyttäen ääntä, teksti-chattia tai luomalla muistilappuja ja antamalla niitä muiden luettavaksi, opetuksessa käytettävien materiaalien tuominen Second Lifeen, virtuaalisten opetusvälineiden käyttö- ja muokkaustaidot, virtuaalisten esineiden rakentelu- ja muokkaustaidot sekä skripti-kielen taito.

Second Lifessa tarvittavia taitoja kartoitettiin tutustumalla kahden Second Lifessa toimivan ryhmän opetustarjontaan. Ryhmät ovat New Citizens Incorporated ja Builders Brewery. New Citizens Incorporated on vuonna 2005 perustettu Second Lifen asukkaiden auttamiskeskus, jolla on yli 100 henkilökunnan jäsentä ja noin 13 000 aktiivista jäsentä (New Citizens Inc., 2010). Erilaisia kaikille ilmaisia kursseja ja tapahtumia järjestetään viikoittain yli 60. Builders Brewery on myös asukkaiden opetukseen keskittyvä yhteisö, joka järjestää noin 50 ilmaista oppituntia viikoittain. Builders Brewery on perustettu 2008 ja sillä on jäseniä noin 12 600 (Builders Brewery, 2012).

Molemmat ryhmät tarjoavat opetusta ja kursseja erityisesti Second Lifessa tarvittavissa taidoissa (BB Classes, 2012; NCI Classes, 2012). Kurssien aihealueita ovat muun muassa Second Lifen perustaidot, rakentaminen tai skriptien, tekstuurien ja vaatteiden luominen (Fiddlesticks, 2009). Kurssien vaatimustasot alkavat aloittelijoista (*basics*) ja jatkuvat keskitason (*intermediate*) kursseista aina edistyneisiin (*advanced*) asti. Keskitason ja edistyneen tason kursseille on usein esitetövaatimuksina juuri aloittelijoiden kurssien sisältämien asioiden hallinta. Kurssitarjonnan ja kurssien kuvauksien perusteella taulukkoon 8 on kerätty erityisesti opettamisessa ja oppimisessa tarvittavia Second Lifen käyttötaitoja. Huomattavaa on, että käyttöliittymän hallinta ja virtuaalisen kansalaisen perustaidot ovat välttämättömät kaikille, ja ne opitaan Second Lifen orientaationsaarella kirjauduttaessa ensimmäisen kerran Second Lifeen sisään. Tästä huolimatta taulukkoon on otettu mukaan muutamia kansalaistaitoja, jotka saattavat olla tarpeen opettamisessa ja oppimisessa.

Taulukossa luetelluista taidoista on eroteltu perustason taidot, jotka on helppo omaksua, keskitason taidot, jotka laajentavat ja syventävät perustason tietoja ja ovat myös omaksuttavissa lyhyehköllä harjoittelulla, sekä edistyneimmät taidot, jotka vaativat pitempää harjoittelua tai aikaisempaa kokemusta asiasta, kenties jossain muussa yhteydessä. Perustason taidot on merkitty kirjaimella P, keskitaso kirjaimella K ja edistynein taso kirjaimella E.

Taulukko 8. Second Lifessa tarvittavia taitoja.

Taito	Taitotasot P = perustaso, K = keskitaso, E = edistynyt taso
Kansalaistaidot	P: muistilappujen tai skripti-tiedostojen luominen
	P: tiedostojen tai rakennelmien antaminen toiselle avatarelle
	K: maa-alueen vuokraus ja hallinnointi
	K: ryhmien luominen ja hallinnointi
Rakentaminen	P: primitiivien ja valmiiden tekstuurien käyttäminen
	P: sisällön (tekstuurien, animaatioiden, rakennelmien, jne.) ostaminen
	K: rakennelmien muokkausoikeuksien määrittely
	K: sisällön myyminen
	K: maan muokkaaminen
	K: sisällön tuominen Second Lifeen
Vuorovaikutteiset työkalut	K: valmiiden veistos- ja verkkorakennelmien käyttäminen
	E: veistos- ja verkkorakennelmien luominen
	P: sisällön katsominen ja selaaminen
	K: sisällön tuominen Second Lifeen
Skripti-kieli	K: sisällön upottaminen työkaluihin
	E: vuorovaikutteisten työkalujen tai rakennelmien luominen
	P: valmiiden skriptien tunnistaminen
	P: valmiiden skriptien upottaminen työkaluihin tai rakennelmiin
	K: valmiiden skriptien muokkaaminen
	E: uusien skriptien luominen

Sekä opettajan, oppilaan että harrastajan tulee omaksua ja hallita vähintään käyttöliittymän peruskäyttötaidot sekä saada käsitys Second Lifessa mahdollisista toimintatavoista. Nämä onkin helposti omaksuttavissa lyhyellä harjoittelulla Second Lifen orientaationsaarella. Opettajien kokemusten mukaan erityisesti opiskelijoilla, jotka jo aikaisemmin olivat tuttuja pelimaailmojen kanssa, käyttöliittymän omaksuminen tapahtui nopeasti (Vilpas, 2010). Heikkilä (2012) kuitenkin huomauttaa, että it-tuen ja tukiopettajan läsnäolo on varsinkin ensimmäisellä tunnilla tarpeen, sillä ensimmäisen kahdenkymmenen minuutin aikana tulee paljon kysymyksiä. Sen jälkeen opiskelijat tottuvat uuteen ympäristöön ja opettajan rooli vähenee vähenemistään (Heikkilä, 2012).

Opettajalta vaaditaan luonnollisesti eniten virtuaalimaailman taitoja. Pedagogisten ja didaktisten taitojen lisäksi opettajan tulee hallita vähintään rakentamisen perus- ja kehittyneet taidot, eli primitiivien ja valmiiden tekstuurien käyttö ja sisällön tuominen Second Lifeen. Vuorovaikutteisten työkalujen käyttämiseksi opettajan tulee osata luoda opetussisältöjä, esimerkiksi dokumentteja ja esityksiä, ja tuoda ne Second Lifeen. Opettajan tulee osata upottaa esityksiä vuorovaikutteisiin työkaluihin ja käyttää työkaluja osana opetusta ja yhdessä oppilaiden kanssa. Nämäkin taidot ovat omaksuttavissa lyhyellä harjoituksella, lisäksi tietoa on saatavilla runsaasti sekä Second Lifessa että internetissä.

Suomalaisissa oppilaitoksissa toteutettujen kokeilujen aikana opettajat kertovatkin toteuttaneensa Second Lifessa monenlaisia opetukseen liittyviä rakennelmia, kuten erilaisia esineitä, joita klikkaamalla oppija sai itselleen esimerkiksi tekstitiedostoja (Vilpas, 2010; Heikkilä, 2012) tai keskusteluikkunaan tulostuvan chat-viestin (Heikkilä, 2012). Opettajien tekemiä esineitä klikkaamalla oppijat voivat käynnistää musiikkikanavia tai tanssi-skriptejä (Vilpas, 2010), virtuaalisiin pintoihin liitettyjä opetusvideoita ja ääniraitoja (Vilpas, 2010; Vilpas, 2011) tai PowerPoint-esityksiä (Heikkilä, 2010). Esineet voivat myös ottaa vastaan tiedostoja, kuten esimerkiksi postilaatikko, johon oppija voi palauttaa laatimansa tekstitiedoston opettajan tarkastettavaksi (Heikkilä, 2010). Klikattavat esineet voivat ohjata oppijan internet-selaimen sivulle, jossa voidaan lukea ja muokata sisältöä yhteisöllisesti (Vilpas, 2010; Vilpas, 2011). Esineet voivat myös etäsiirtää (*teleport*) käyttäjän johonkin toiseen paikkaan, esimerkiksi oppimispolun seuraavaan pisteeseen (Heikkilä, 2012).

Rakentamisen erikoistuneita taitoja ei opettajalla tarvitse välttämättä olla, mutta jos aiotaan luoda monimutkaisempia oppimisympäristöjä tai jopa simulaatioita, veistos- ja verkkorakennelmien luomistaidot ovat tarpeen. Skripti-kielen syvälinen osaaminen ei myöskään ole opettajalle välttämätöntä, Second Lifessa on runsaasti valmiita vuorovaikutteisia työkaluja skripteineen, mutta skriptien tunnistamisesta on hyötyä, jos haluaa luoda omia rakennelmia. Samoin monimutkaisten oppimisympäristöjen ja simulaatioiden luomisessa skriptien käyttäminen on välttämätöntä, ja jopa uusien

skriptien luominen. Hyvä skripti-kielen taito saattaa olla jopa tärkeämpää kuin veistosten ja verkkorakennelmien rakentamistaito.

Erikoistuneiden taitojen hankkiminen, esimerkiksi 3D-sovelluksen käytön opettelu, voi olla pitkä prosessi, riippuen tietysti opettajan aikaisemmasta kokemuksesta ja taidoista. Toisaalta jo yksinkertaiseen skriptien tunnistamiseen ja esineisiin sijoitteluun voi varsinkin alussa mennä runsaasti aikaa, kuten esimerkiksi Heikkilä (2012) toteaa. Opettajien kokemusten mukaan työ Second Lifen parissa vaati paljon aikaa ja pelkän Second Lifen käytön opiskelu ei riitä, vaan virtuaalimaailmaan materiaaleja valmistettaessa täytyy myös opetella editoimaan ääniä ja videoita sekä perehtyä kuvankäsittelyyn (Vilpas, 2010).

Oppijan ehdottomiin virtuaalimaailman taitoihin kuuluu vuorovaikutteisten työkalujen käyttötaito, jotta oppilas voi ylipäänsä osallistua opetukseen. Vähintään oppijan tulee osata selata sisältöä, mutta oman sisällön luominen ulkoisissa sovelluksissa, esimerkiksi PowerPointissa, ei ole kovin vaikeaa ja sisällön tuominen Second Lifeen ja sen upottaminen vuorovaikutteisiin työkaluihin on myös helposti opittavissa. Sisällön tuominen voidaan kuitenkin sopimuksesta keskittää esimerkiksi opettajalle, jolloin sisällön tuomisen aiheuttamat kustannukset ovat helpommin hallinnoitavissa. Oppijan tulee osata myös muistilappujen luominen, mikä on kuitenkin helposti opittavissa, samoin tiedostojen tai rakennelmien antaminen toiselle avatarelle. Opettajien kokemusten mukaan suurin osa opiskelijoista sopeutuikin virtuaalimaailmaan melko nopeasti ja he nauttivat siellä toimimisesta. Heikkilä (2012) toteaa, että sopeutujille opiskelu virtuaalimaailmassa oli sekä miellyttävä että hauska kokemus ja he kokivat oppineensa sen, mitä pitikin. Toisaalta, kaikki eivät kuitenkaan sopeutuneet. Syynä saattoi olla joko ongelmat koneen kanssa, tai sitten heillä oli vaikeuksia virtuaalimaailman perustaidoissa ja he päätyivät siihen, etteivät pitäneet koko paikasta tai kieltäytyivät ottamasta opiskelua siellä vakavasti (Heikkilä, 2012). Ongelmia voidaan kuitenkin yrittää välttää ennakoimalla niitä. Vilpas (2010) sanoo, että mikäli Second Life otetaan vakituiseen käyttöön, on opiskelijoiden perehdyttämisen oltava säännöllistä ja toistuvaa ja sen olisi hyvä tapahtua kasvokkain. Erityisesti näkymää ja mediaominaisuuksia koskevat asetukset on säädettävä etukäteen opettajan johdolla (Vilpas, 2010).

Kun ajatellaan tiedonrakentelun prosesseja ja erityisesti artefaktien luomista ja kehittämistä, on selvää, että tiedonrakenteluun osallistuvan oppijan olisi myös hyvä osata vähintään rakentamisen perusasiat. Tiedonrakenteluprosessin yksi tärkeä vaihe on osallistujien luomien työskentelyteorioiden testaaminen ja syventäminen eri tavoilla, kuten kohteellisten artefaktien, esimerkiksi molekyyli mallien, avulla, jolloin rakennustaito ja skripti-kielen taito avaavat oppilaalle paljon mahdollisuuksia erilaisissa kokeiluissa ja artefaktien kehittämisessä. Perustason rakentamistaidot, kuten primitiivien ja valmiiden tekstuurien käyttäminen, on mahdollista omaksua lyhyehköllä harjoittelulla. Valmiiden

skriptien tunnistaminen ja niiden etsiminen Second Lifesta tai internetistä sopivilla hakusanoilla on myös helposti opittavissa oleva taito.

Jaetun asiantuntijuuden periaatteiden mukaisesti kaikkien tutkivan oppimisen yhteisön jäsenten ei kuitenkaan tarvitse osata tai tietää samoja asioita, mutta kaikkien tulee olla tietoisia siitä, mistä tai keneltä tietoa on saatavilla ja kaikilla tulee olla pääsy yhteisöllisesti kerättyyn tietoon. Käytännössä esimerkiksi taitavammat osallistujat, tai vaikka opettaja, voivat luoda alustavia rakennelmia tai etsiä yhteiseen tietovarastoon muokattavia skriptejä, joita voidaan yhteisöllisesti kehittää tarkoituksiin sopiviksi tai muunnella eri versioiksi. Tässä voi opettaja toimia yhtenä asiantuntijana ja ohjata tiedonrakenteluprosessia ja mahdollistaa oppijoiden yksilöllisiä ja yhteisöllisiä oppimiskokemuksia rajoittamatta kuitenkaan liikaa tutkivan oppimisen yhteisön toimintaa.

Harrastajakäyttäjälle riittävät kokemuksieni mukaan rakentamisen perustaidot, joiden avulla esimerkiksi Second Lifessa yleisesti järjestettävien kurssien seuraaminen ja kursseilla opetettavien asioiden omaksuminen onnistuu hyvin. Kuitenkin, mitä paremmat rakentelu- ja skriptaustaidot harrastajalla on, sitä enemmän hänellä luonnollisesti on mahdollisuuksia luoda ja kehittää haluamaansa sisältöä miten pitkälle tahansa, joko omaan tai yhteisön käyttöön.

7. Lopuksi

Tutkielman tavoitteena oli arvioida Second Lifen soveltuvuutta tiedonrakenteluun ja mitä hyötyä Second Lifen ominaisuuksista mahdollisesti olisi tiedonrakentelun prosesseille. Tutkielman teoreettisena lähtökohtana oli konstruktivistinen oppimiskäsitys ja sitä käytännössä toteuttavat tutkiva oppiminen ja sen osana tiedonrakentelu. Lisäksi kartoitettiin uusia oppimistyyplejä osana tietotekniikan lisääntyvää käyttöä sekä vapaa-ajalla että opetuksessa. Tavoitteena oli arvioida nykyajan opettajien ja oppijoiden mahdollisuuksia sopeutua Second Lifen toimintaympäristöön. Tähän tarkoitukseen käytettiin digitaalisen kansalaisen käsitettä.

Kirjallisuuskatsauksen avulla perehdyttiin virtuaalimaailmojen oppimista tukeviin ominaisuuksiin ja löydettyjen ominaisuuksien ja niiden kuvauksien perusteella laadittiin kriteeristö, jonka avulla arvioitiin, mitkä virtuaalimaailmojen oppimista tukevat ominaisuudet mahdollistavat ja tukevat tiedonrakentelua Second Lifessa ja miten. Tavoitteena oli löytää teoreettista taustatukea oletukselle, että tiedonrakentelua voidaan soveltaa oppimismenetelmänä Second Lifessa. Tiedonrakentelun prosesseista keskityttiin erityisesti jaettuun asiantuntijuuteen, syventävän tiedon etsimiseen sekä artefaktien luomiseen ja käyttämiseen.

Second Lifessa toteutettiin kolme rakenteluesimerkkiä havainnollistamaan, miten Second Lifessa voidaan luoda sisältöä. Rakenteluesimerkkeinä käytettiin etikkahapon molekyyliä, jonka rakentamista Second Lifessa verrattiin muihin molekyylien mallinnusmenetelmiin sekä arvioitiin Second Lifen mahdollisia etuja molekyylien mallinnuksessa. Lisäksi arvioitiin rakenteluesimerkkien onnistumista ja eri rakennustapojen hyviä ja huonoja puolia. Rakentelukokeiluiden aikana tehtyjen havaintojen perusteella pyrittiin lopuksi arvioimaan, mitkä oppimista tukevat ominaisuudet toteutuvat Second Lifessa ja miten sekä soveltuuko Second Life tiedonrakentelun oppimisympäristöksi. Lopuksi arvioitiin, miten helposti opettajat ja oppijat voisivat hankkia Second Lifessa tarvittavat digitaalisen kansalaisen taidot.

Tutkielmassa esitetyn teorian mukaan virtuaalimaailmojen kognitioita ja oppimista tukevat ominaisuudet näyttäisivät sopivan hyvin konstruktivistisen oppimiskäsityksen opetuskäytäntöihin. Teorian tarkastelun perusteella konstruktivistisen oppimiskäsityksen ja virtuaalimaailmojen ominaisuuksien väliltä löytyikin runsaasti yhtymäkohtia, ja rakenteluesimerkkien valossa useat Second Lifen ominaisuudet tukivatkin hyvin tiedonrakentelun prosesseja. Tulosten perusteella voidaan siis todeta, että tiedonrakentelu soveltuu käytettäväksi Second Lifessa, joten tutkielmassa löydetty tieto on yhtenevää aiemman tiedon kanssa. Tuloksesta ei voida kuitenkaan suoraan vetää johtopäätöstä, että myös kaikki muut konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaiset oppimismenetelmät soveltuvat käytettäväksi Second Lifessa tai muissa virtuaalimaailmoissa.

Rakentelukokeilujen perusteella molekyylien mallinnus Second Lifessa onnistui hyvin perusprimitiiveillä. Tiedon havainnollistamisen lisäksi rakentaminen auttoi kiinnittämään huomiota kemiallisten molekyyli mallien piirteisiin ja ominaisuuksiin, joihin muita mallinnustapoja käyttämällä ei tullut kiinnittäneeksi huomiota. Tämä on eittämättä Second Lifen käyttämisen hyviä puolia. Toisaalta, molekyyli mallien yksityiskohtiin tulisi samalla tavalla perehdyttyä myös käytettäessä mitä tahansa mallinnustyökalua, esimerkiksi Blenderiä, jossa voidaan laatia animaatioita esimerkiksi kemiallisista reaktioista. Animaatio on toistettavissa yhtä uudelleen, mutta se on aina samanlainen. Second Lifessa kemiallisesta reaktiosta rakennettu simulaatio voidaan tehdä vuorovaikutteiseksi esimerkiksi sallimalla käyttäjien muuttaa jotain molekyylien ominaisuuksia tai esimerkiksi reaktion nopeutta tai vaiheita, joita animaatioon on vaikeampi ellei mahdoton toteuttaa. Lisäksi Second Lifessa reaktio-simulaatiota voidaan käyttää, kommentoida ja muokata yhdessä ja yhtä aikaa sekä samassa tilassa, jossa simulaatio on rakennettu. Esimerkiksi Blenderissä tehty animaatio tulisi jakaa käyttäjäryhmälle erikseen jollakin medialla, jotta sitä voitaisiin katsoa ja kommentoida yhteisöllisesti, elleivät kaikki osallistujat ole fyysisesti samassa tilassa tarkastelemassa animaatiota.

Molekyyli mallinnus voitaisiin myös Second Lifessa toteuttaa niin, että esimerkiksi opettaja laatii etukäteen malleja molekyyleistä ja ehkä reaktioistakin, ja oppijat lähinnä tarkastelevat malleja, tekisivät havaintoja ja johtopäätöksiä ja ehkä rakentaisivat molekyyli malleja valmiista osista. Second Lifen ehdoton etu on kuitenkin se, että oppijat voivat ottaa asioista selvää ja rakentaa kaiken alusta asti ja oppia sillä tavalla huomattavasti enemmän ja syvällisemmin, tiedonrakentelun periaatteiden mukaan. Second Life mahdollistaa tehokkaasti myös tiedonrakentelussa keskeisen tiedon jakamisen ja vuorovaikutuksen monipuolisilla tavoilla. Second Lifessa vuorovaikutus ja tiedon jakaminen on mahdollista asynkronisesti, jolloin käyttäjien ei välttämättä tarvitse olla paikalla virtuaalimaailmassa yhtä aikaa. Myös etäyhteistyö on mahdollista, jolloin käyttäjien maantieteelliset välimatkat eivät ole este yhteistyölle.

Teoriaosuudessa esitettyjen näkemysten mukaan virtuaalimaailmoissa on monia oppimista tukevia ominaisuuksia, jotka tukevat oppijoiden kognitiivisia prosesseja, kuten havaitsemista, ymmärtämistä ja muistamista. Eräs tärkeä virtuaalimaailmojen ominaisuus on mahdollisuus jakaa kognitiivisia prosesseja usean oppijan kesken ulkoisten kognitiivisten artefaktien avulla (Dieterle & Clarke, in press). Kirjallisuuden mukaan virtuaalimaailmojen ominaisuuksista erityisesti kolmiulotteisuus ja tiedon visualisointi, uppoutuminen sekä yhteisöllisyyttä tukevat ominaisuudet ja läsnäolo ovat oppimista tukevia ominaisuuksia. Tutkielman aineiston analyysin mukaan Second Lifessa mahdollisuus käsitellä reaali maailman ongelmia, virtuaalimaailman ja esineiden kolmiulotteisuus, tiedon visualisointi eri tavoilla ja läsnäolo toteutuivat hyvin tai erinomaisesti, ja uppoutuminen sekä vuorovaikutus ympäristön ja toisten käyttäjien kanssa vähintään kohtuullisesti. Edelleen, koska Second Lifessa havaitut oppimista

tukevat ominaisuudet toteutuivat hyvin, voidaan väittää, että Second Lifen ominaisuudet sekä tukevat oppimista että tarjoavat hyvän ympäristön tiedonrakentelulle. Tulokset tukevat teoriaa siis tältäkin osin.

Uusien oppimistyylien vaikutusta tiedonrakentelun onnistumiselle Second Lifessa ei varsinaisesti tutkittu tässä tutkielmassa, mutta teoriasta johdettiin digitaalisen kansalaisen käsite, jonka avulla arvioitiin opettajien ja oppijoiden mahdollisuuksia sopeutua Second Lifen kaltaiseen oppimisympäristöön. Arvion perusteella tiedonrakentelussa keskeiset taidot on mahdollista oppia kohtuullisen nopeastikin, riippumatta käyttäjän aiemmasta kokemuksesta. Lisäksi uusien oppimistyylien mukaiset monipuolinen eri medioiden käyttö, tiedon etsiminen yhteistyössä, oppiminen tutkimalla ja tekemällä, esitysten verkostot ja yksilölliset oppimiskokemukset toteutuvat tiedonrakentelussa Second Lifessa hyvin.

Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli, voidaanko Second Lifessa toteuttaa tiedonrakentelua opetus- ja oppimismenetelmänä. Rakennuskokeilujen tulosten ja Second Lifessa havaittujen oppimista tukevien ominaisuuksien perusteella voidaan sanoa, että Second Lifessa on mahdollista soveltaa tiedonrakentelua opetus- ja oppimismenetelmänä. Huomattavaa on, että tässä ei tarkasteltu tutkivan oppimisen ja tiedonrakentelun pedagogisia tai didaktisia kysymyksiä, ainoastaan Second Lifen ominaisuuksien soveltumista asiantuntijuuden jakamiseen, syventävän tiedon etsintään ja artefaktien luomiseen ja käyttämiseen.

Toisena tutkimuskysymyksenä oli, tukevatko ja hyödyttävätkö Second Lifen ominaisuudet tiedonrakentelun prosesseja. Suuri osa Second Lifen oppimista tukevista ominaisuuksista toteutui arvion mukaan hyvin, ja havaitut ja toteutuneet ominaisuudet mahdollistavat arvioinnin kohteena olleiden tiedonrakentelun prosessien onnistumisen Second Lifessa. Tämä sinänsä myönteinen tulos ei vielä yksiselitteisesti tarkoita, että Second Lifen ominaisuudet erityisesti tukisivat tai hyödyttäisivät tiedonrakentelun prosesseja.

Kolmantena tutkimuskysymyksenä oli, onko Second Lifen ominaisuuksista etua tiedonrakentelun prosesseille verrattuna tiedonrakenteluun reaali maailmassa. Tähän kysymykseen on vaikea antaa vastausta aineistoanalyysin perusteella, ja arviot ovat parhaimmillaankin vain olettamuksia. Tiedonrakentelu voi olla hyvin moninainen prosessi, mutta keskeisinä piirteinä ovat aina asiantuntijuuteen jakaminen, syventävän tiedon etsintä sekä artefaktien luominen, käyttäminen ja kehittäminen yhteisöllisesti. Kirjallisuuskatsauksen perusteella virtuaali maailman etuja reaali maailman verrattuna olisivat parempi uppoutumisen tunne käsillä olevaan tehtävään, mahdollisuus rakentaa esimerkiksi mikroskooppisia tai saavuttamattomia paikkoja ja ympäristöjä, yhteisöllisen, monipuolisen tietovaraston hyvä hallinta samassa paikassa ja läsnäolo, joka mahdollistaa reaali maailman kaltaisen vuorovaikutuksen ja esimerkiksi erilaiset roolikokeilut. Tämä kuitenkin vaatisi lisätutkimuksia.

Aineistoanalyysin perusteella tutkielman tutkimuskysymykset olivat kohtuullisen hyvin tutkittavissa ja tuloksista voidaan vetää johtopäätöksiä ottaen huomioon metodin rajoitukset. Oletettavasti ainakin selkeästi tutkimuskysymyksiä vastustavat tulokset olisivat nousseet esille analyysissa. Kaikkiin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset, joskaan ei täydellä varmuudella, johtuen juuri tutkimusmetodin rajoituksista. Tutkimusmetodi oli rajoittunut ensiksikin siten, että Second Lifessa toteutetut rakennuskokeilut olivat pienehköjä, yksinkertaisia molekyylimalleja, joissa ei toteutettu mitään vuorovaikutteisuuksia skripti-kielellä. Molekyylimalleja ei myöskään rakennettu yhteisöllisesti, eivätkä ne olleet missään varsinaisessa tiedonrakenteluprosessissa luotuja tai käytettyjä artefakteja, vaan ainoastaan tätä tutkielmaa varten laadittuja tekniikkakokeiluja Second Lifessa mahdollisten rakennustapojen ja niiden hyvien ja huonojen puolien havainnollistamiseksi. Rakennuskokeiluja ei myöskään kehitetty edelleen ensimmäisen rakennusvaiheen jälkeen. Tutkimusmetodi oli rajoittunut myös otettaessa huomioon tiedonrakentelun periaatteet. Tiedonrakentelun onnistumista on melko vaikea tutkia ilman tutkivan oppimisen yhteisöä, koska tiedonrakentelulle on nimenomaan ominaista yhteisöllisyys ja asiantuntijuuden jakaminen sekä välittävien ja kohteellisten artefaktien luominen, käyttäminen ja kehittäminen yhdessä. Nyt tutkielmassa esille tulleet arviot ja johtopäätökset on esitetty vain yhdestä, subjektiivisesta näkökulmasta, ilman muiden osallistujien kokemuksia ja näkemyksiä ja löytyneen tiedon kriittistä yhteisöllistä arviointia ja kehittämistä.

Miten luotettavasti rakenteluesimerkkien perusteella voidaan sitten arvioida Second Lifin ominaisuuksia? Virtuaalimaailmojen ominaisuuksista tehdyn kriteeristön väitteet ovat melko yleisellä tasolla, ja kaikki väitteet ovat myönteisiä. Virtuaalimaailmojen käytön kielteisiä puolia tai maailmojen vähemmän hyviä ominaisuuksia käsiteltiin tutkielmassa hyvin suppeasti. Virtuaalimaailmojen käytölle ja erityisesti opetuskäytölle on olemassa kuitenkin myös esteitä. Esimerkiksi Warburton (2009) on todennut, että Second Life vaatii kohtuullisen nykyaikaisen tietokonelaitteiston ja hitaat internetyhteydet saattavat aiheuttaa käytön viivettä ja keskeytyksiä. Warburton (2009) jatkaa, että Second Lifessa yksinkertaisetkin toimet voivat olla aikaa vieviä, kuten rakennelmien tekijän-, käyttö- ja muokkausoikeuksista ja rakennelmien saavutettavuudesta huolehtiminen. Opetusympäristöjen rakentaminen ja hallinnoiminen vaatii opettajilta runsaasti kehittyneitä taitoja ja aikaa niiden hankkimiseen. Lisäksi opetuspaikkojen vuokraaminen, opetusvälineiden ostaminen ja opetussisältöjen tuominen Second Lifeen aiheuttaa kustannuksia (Warburton, 2009).

Second Lifin tämän hetkistä ominaisuuksista ei voi vetää suoraan johtopäätöksiä muiden virtuaalimaailmojen ominaisuuksista, esimerkiksi siitä, miten niihin on mahdollista tuoda sisältöä muista sovelluksista tai miten sisältöä voidaan katsoa tai jakaa. Myöskään käyttöliittymän ominaisuudet, kuten esimerkiksi vuorovaikutuskanavat, eivät ole suoraan yleistettävissä kaikkiin virtuaalimaailmoihin. Myös mahdollisuus rakentaa tai

luoda vuorovaikutteisuutta skripteillä voi vaihdella suuresti, myös rakennelmien omistusta käyttöoikeuksien määrittelemisen. Nämä kysymykset vaatisivat virtuaalimaailmojen yksityiskohtaisen vertailun, sitä paitsi virtuaalimaailmojen ominaisuudet, myös Second Lifen ominaisuudet, saattavat muuttua nopeaankin tahtiin riippuen sovelluksen kehittäjien intresseistä ja tavoitteista.

Huomattavaa on myös, että vaikka tiedonrakentelu teoriassa soveltuukin käytettäväksi Second Lifessa, olisiko realistista olettaa opettajien olevan valmiita kokeilemaan molekyylihallinnusta Second Lifessa, tai jopa käynnistämään tiedonrakenteluprosessia kemiallisten ilmiöiden oppimiseksi? Olisivatko opettajat valmiita käyttämään Second Lifea opetuksessa, kun osa opettajista ei tälläkään hetkellä käytä tietokoneavusteista molekyylihallinnusta opetuksessaan laitteistojen, helppokäyttöisten ohjelmien ja osaamisen puutteellisuuden vuoksi (Aksela et al., 2011). Olisiko Second Lifeen tutustuminen ja digitaalisen kansalaisen taitojen opettelu vaivan väärä? Tulisiko silloin opittavaksi (yhtäaikaan) sekä tiedonrakentelun että virtuaalimaailmassa toimimisen taidot? Tässä tutkielmassa ei näihin kysymyksiin saada vastauksia, mutta kysymykset olisivat ehdottomasti lisäselvitysten arvoisia.

Tutkimusta olisi mielenkiintoista jatkaa myös toteuttamalla oikea tiedonrakentelun prosessi, jossa yhtenä tai jopa tärkeimpänä toteutuspaikkana olisi Second Life. Jatko-tutkimuksen aiheena voisi olla myös kysymys, minkä tyyppisissä aiheissa tai oppisisällöissä virtuaalisuudesta olisi erityistä hyötyä. Sopiiko virtuaalisuus yhtälailla esimerkiksi jonkun innovatiivisen vaatteen kehittämiseen vai paremmin jonkun abstraktin aiheen, esimerkiksi prosessin tai työtavan kehittämiseen? Minkä tyyppisten artefaktien rakentelu oikeasti onnistuu virtuaalimaailmassa ja ovatko välittävät artefaktit vai kenties kohteelliset artefaktit hyödyllisempiä työkaluja? Sopiiko virtuaalimaailma erityisesti jonkun tietyn tiedonrakentelun prosessin näyttämöksi?

Vaikka Second Lifea ei olekaan alun perin suunniteltu opetuskäyttöön, siellä tullaan varmasti jatkossakin toteuttamaan lukuisia onnistuneita opetushankkeita ja uusia kokeiluja. Second Lifen, itsekin käsitteellisenä luomuksena, on mahdollista olla sekä tiedonrakentelun toteuttamispaikkana että sen kohteena.

Viiteluettelo

- Aksela, M. & Montonen, M. (2007). Kemian opettajien kokemuksia tietokoneavusteisesta molekyyli mallinnuksesta. Kirjassa Aksela, M. & Montonen, M. (Toim.), *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluun*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Aksela, M., Vesterinen, V.-M., Posti, J., Grönberg, K., Ikonen, T., Haakana, E., Pulkkinen, O., Selin, M., Toivanen, M.-T., Turkkala, J., Paasonen, V., Arajärvi, K., Rantaniitty, T. & Korhonen, T. (2011). Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus sekä oppiminen (osa III). Teoksessa Aksela, M., Pernaa, J. & Happonen, M. (Toim.), *Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää. VI, Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumkirja*. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Bailenson, J. N., Yee, N., Blascovich, J., Beall, A. C., Lundblad, N. & Jin, M. (2008). The use of immersive virtual reality in the learning sciences: Digital transformations of teachers, students, and social context. *The Journal of the Learning Sciences*, 17, 102–141.
- BB Classes: Builders Brewery Classes & Events Calendar. (2012). Lainattu 29.11.2012, saatavilla: <http://www.buildersbrewery.com/calendar/index.php>.
- Bell, M. W. (2008). Toward a definition of "Virtual Worlds". *Journal of Virtual Worlds Research*, 1(1).
- Builders Brewery. (2012). Lainattu 29.11.2012, saatavilla: <http://www.buildersbrewery.com/>.
- Building Tools. (2011). Second Life Wiki. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: http://wiki.secondlife.com/wiki/Building_Tools.
- Bulu, S. T. (2011). Place presence, social presence, co-presence, and satisfaction in virtual worlds. *Computers & Education*, 58, 154–161.
- Burgess, M. L., Slate, J. R., Rojas-LeBouel, A. & LaPrairie, K. (2009). Teaching and learning in Second Life: Using the community of inquiry (CoI) model to support online instruction with graduate students in instructional technology. *Internet and Higher Education*, 13(1-2), 84–88.
- Brown, E. & Cairns, P. (2004). A grounded investigation of game immersion. *Proceedings of Extended Abstracts of the 2004 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1297–1300.
- Chang, V., Gütl, C., Kopeinik S. & Williams, R. (2009). Evaluation of collaborative learning settings in 3D virtual worlds. *International Journal of Emerging Technology*, 4(3), 6–17.
- Choi, B & Baek, Y. (2011). Exploring factors of media characteristic influencing flow in learning through virtual worlds. *Computers & Education* 57, 2382–2394.

- Cirulis, A. & Ginters, E. (2009). Control of simulation elements in virtual world. *Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Automatic Control, Modelling and Simulation*, 495–501.
- Dalgarno, B. (2002). The potential of 3D virtual learning environments: A constructivist analysis. *Electronic Journal of Instructional Science and Technology*, 5(2).
- Dalgarno, B. & Lee, M. J. M. (2010). What are the affordances of 3-D virtual environment? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32.
- Dass, S., Dabbagh, N. & Clark, K. (2011). Using virtual worlds. What the research says. *The Quarterly Review of Distance Education*, 12(2).
- Dede, C. (2004). Planning for “Neomillennial” learning styles: Implications for investments in technology and faculty.
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science* 2, January 2009, 323(5910), 66–69.
- de Freitas, S. (2008). *Serious virtual worlds. A scoping study*. (Document 408, ver 1.1). Prepared for the JISC e-Learning Programme. UK: Joint Information Systems Committee.
- Dieterle, E. & Clarke, J. (in press). Multi-user virtual environments for teaching and learning. In Pagani, M. (Ed.), *Encyclopedia of multimedia technology and networking* (2nd ed). Hershey, PA: Idea Group, Inc.
- EduFinland. (2009). Maata näkyvissä. Lainattu 24.1.2013, saatavilla: <http://edufinland.fi/maata-nakyvissa-2/>.
- EDUMOL-Mallinnusympäristö. [Internet-sovellus] Saatavilla: <http://www.edumol.fi/mallinnus/>.
- Fiddlesticks, G. (2009). NCI Classes and Events. Lainattu 29.11.2012, saatavilla: http://wiki.nci-sl.info/doku.php?id=classes:classes#sl_skills.
- Frondelius, L., Sälpäkivi, S. & Qvist, P. (2013). Keudan virtuaalipanimo Second Lifessa. *Seminaariesitelmä Interaktiivinen Tekniikka Koulutuksessa 2013*. Lainattu 24.1.2013, saatavilla: <http://www.itk.fi/2013/ohjelma/foorumi/62>. Virtuaalipanimon osoite Second Lifessa: <http://slurl.com/secondlife/Edufinland%20IV/89/227/24>.
- Gamage, V., Tretiakov, A. & Crump, B. (2011). Teacher perceptions of learning affordances of multi-user virtual environments. *Computers & Education*, 57, 2406–2413.
- Gooda, J., Howland, K. & Thackray, L. (2008). Problem-based learning spanning real and virtual words: a case study in Second Life. *Research in Learning Technology*, 16(3), 163–172.
- Hakkarainen, K., Lipponen, L., Ilomäki, L., Järvelä, S., Lakkala, M., Muukkonen, H., Rahikainen, M. & Lehtinen, E. (1999). Tieto- ja viestintätekniikka tutkivan oppimisen välineenä. Helsingin kaupungin opetusvirasto. Tietotekniikkaprojektin

- tutkimusryhmä. Helsinki: Multiprint. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: <http://www.hyvan.helsinki.fi/tutkiva/>.
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. (2000). *Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen*. Porvoo: WSOY.
- Hakkarainen, K., Bollström-Huttunen, M., Pyysalo, R. & Lonka, K. (2004). *Tutkiva oppiminen käytännössä. Matkaopas opettajille*. Porvoo: WSOY.
- Heikkilä, H. (2010). Raportti virtuaalipolun luomisesta ja opetuskokeiluista. Äidinkieli ja kirjallisuus / Second Life. Lainattu 22.1.2013, saatavilla: http://www.etalukio.fi/menu/mnu5.shtml#m-liid_641232.
- Heikkilä, H. (2012). Äidinkieli ja kirjallisuus: kirjallisuuden historian polku. Second Life -raportti. Lainattu 22.1.2013, saatavilla: http://www.etalukio.fi/menu/mnu5.shtml#m-liid_641232.
- Herrington, J., Reeves, T.C. & Oliver, R. (2007). Immersive learning technologies: Realism and online authentic learning. *Journal of Computing in Higher Education*, 19(1), 65–84.
- Holmberg, K. (2012). Lessons learned from the birth and evolution of the EduFinland virtual community for educators. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 4(1).
- Honey, M., Connor, K., Veltman, M., Bodily, D. & Diener, S. (2011). Teaching with Second Life: Hemorrhage management as an example of a process for developing simulations for multiuser virtual environments. *Clinical Simulation in Nursing*, 8(3), 79–85.
- IS-VET Oy. (2012). Tuoteluettelo 2012. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: http://www.isvet.fi/fin/Yleissivistava_koulutus/Kemia/Molekyylimallisarjat.47.html.
- Jarmon, L., Traphagan, T., Mayrath, M. & Trivedi, A. (2009). Virtual world teaching, experiential learning, and assessment: An interdisciplinary communication course in Second Life. *Computers & Education*, 53, 169–182.
- Javidi, G. (2001). Virtual Reality and Education. *Proceedings of The 24th Annual Conference on International Education, Monterrey, Mexico, February 2001*.
- Jones, C., Ramanau, R., Cross, S. & Healing, G. (2010). Net generation or Digital Natives: Is there a distinct new generation entering university?. *Computers & Education*, 54(3), 722–732.
- Kangas, K., Lahti, H. & Seitamaa-Hakkarainen, P. (2004). Verkko-oppimisympäristö yhteisöllisen esine-projektin tukena. Enkenberg, J., Savolainen, E. & Väisänen, P. (Toim.). *Tutkiva opettajankoulutus – taitava opettaja*. Julkaisija Joensuun yliopisto, Savonlinnan opettajankoulutuslaitos. Joensuun yliopistopaino: Joensuu 2004.
- Lee, E. A-L., Wong, K. W. & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55, 1424–1442.

- Linden, J. (2011). Calculating land impact. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: <http://community.secondlife.com/t5/English-Knowledge-Base/Calculating-land-impact/ta-p/974163>.
- Linden Research, Inc. (2011). Linden Lab Official: Teens in Second Life. Lainattu 21.1.2013, saatavilla: http://wiki.secondlife.com/wiki/Linden_Lab_Official:Teen_Second_Life_Transition_FAQ.
- Lombard, M. and Ditton, T. (1997), At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(0), 1083–6101.
- Mancuso, D. S., Chlup, D. T. & McWhorter, R. R. (2010). A study of adult learning in a virtual world. *Advances in Developing Human Resources*, 12(6), 681–699.
- Margaryan, A., Littlejohn, A. & Vojt, G. (2011). Are digital natives a myth or reality? University students' use of digital technologies. *Computers & Education*, 56, 429–440.
- Marstio, T. & Ylikylä, S. (2012). Bisneksen opiskelua, yrittäjyyttä ja onnellista elämää Second Lifessa. *Seminaariesitelmä Interaktiivinen Tekniikka Koulutuksessa 2012*. Lainattu 24.1.2013, saatavilla: <http://www.itk.fi/2012/ohjelma/foorumi/41>. Laurean Lohjan saari Second Lifessa: <http://slurl.com/secondlife/Laurea/175/130/21>.
- Mesh/Basics. (2012). Second Life Wiki. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: <http://wiki.secondlife.com/wiki/Mesh/Basics>.
- Mesh/Creating a mesh. (2012). Second Life Wiki. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: http://wiki.secondlife.com/wiki/Mesh/Creating_a_mesh.
- Minocha, S., Kear, K., Mount, N. & Priestnall, G. (2008). Design of learning spaces in 3D virtual environments. *Proceedings in The first international Researching Learning in Virtual Environments conference (ReLIVE08)*, 228–236.
- Mueller, J., Hutter, K., Fueller, J. & Matzler, K. (2011) Virtual worlds as knowledge management platform – a practice-perspective. *Info Systems Journal*, 21, 479–501.
- NCI Classes: Schedule of Classes & Events, NCI, New Citizens Inc. (2012). Lainattu 29.11.2012, saatavilla: <http://nci-sl.info/education/Schedule.pdf>.
- New Citizens Inc. (2010). Second Life Wikia. Lainattu 29.11.2012, saatavilla: http://secondlife.wikia.com/wiki/New_Citizens_Inc.
- Nicholas, A. (2008). Preferred learning methods of the Millennial Generation. *Faculty and Staff - Articles & Papers. Paper 18*. Lainattu 1.9.2012, saatavilla: http://escholar.salve.edu/fac_staff_pub/18.
- Omale, N., Hung, W-C., Luetkehans, L. & Cooke-Plagwitz, J. (2009) Learning in 3-D multiuser virtual environments: Exploring the use of unique 3-D attributes for online problem-based learning. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 480–495.
- Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Lainattu 3.12.2012, saatavilla:

http://www.oph.fi/download/47345_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2003.pdf.

- Paavola, S. & Hakkarainen, K. (2008) Välittyneisyys ja dialogisuus innovatiivisten tietoyhteisöjen perustana. Teoksessa Virkkunen, J. & Engeström, R. (toim.) Kulttuurinen välittyneisyys toiminnassa ja oppimisessä (47–80). Toiminnan teorian ja kehittävän työntutkimuksen yksikkö: Tutkimusraportteja 11. Helsinki: Yliopistopaino.
- Paavola, S., Hakkarainen, K. & Seitamaa-Hakkarainen, P. (2006). Tutkivan oppimisen periaatteita ja käytäntöjä: ”dialoginen” tiedonluomisen malli. Teoksessa Järvelä, S., Häkkinen, P. & Lehtinen, E. (toim.) Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö (147–180). Helsinki: WSOY.
- Petrakou, A. (2010). Interacting through avatars: Virtual worlds as a context for online education. *Computers & Education*, 54, 1020–1027.
- Pernaa, J. (2010). Tieto- ja viestintäteknikkaan pohjautuvat oppimisympäristöt ja koulutus kemian oppimisen ja opetuksen tukena. Licensiaattitutkielma. Helsingin yliopisto, Helsinki.
- Rakenna molekyyli. [Internet-sovellus]. University of Colorado, PhET Interactive Simulations. Saatavilla: <http://phet.colorado.edu/fi/simulation/build-a-molecule>.
- Reis, R., Escudeiro, P. & Escudeiro, N. (2010). Comparing social virtual worlds for educational purposes. *Proceedings of 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*.
- Republic, C. & Daviau, D. (2010). SculptCrafter Manual. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: <http://aspects-of-dania.com/SculptCrafter.htm>.
- Richards, D., Szilas, N., Kavakli, M. & Dras, M. (2008). Impacts of visualisation, interaction and immersion on learning using an agent-based training simulation. *International Transactions on Systems Science and Applications*, 3(1), March 2008, 43–60.
- Saleeb, N. & Dafoulas, G. (2010a). Pedagogical immigration to 3D virtual worlds: A critical review of underlying themes and their concepts. *Proceedings of Information Society International Conference, 28-30 June 2010*, 401–409.
- Saleeb, N. & Dafoulas, G. (2010b). Turning immigrants to citizens: Merits of the pedagogical shift in 3D Virtual Learning Environments. *International Journal for Infonomics*, 3(4), December 2010.
- Sculpt map. (2008). Second Life Wiki. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: http://wiki.secondlife.com/wiki/Sculpt_map.
- Sculpted Prims: Technical Explanation. (2010). Second Life Wiki. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: [http://wiki.secondlife.com/wiki/Sculpted Prims: Technical Explanation](http://wiki.secondlife.com/wiki/Sculpted_Prims:_Technical_Explanation).
- Sculpted Prims: 3d Software Guide. (2012). Second Life Wiki. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: [http://wiki.secondlife.com/wiki/Sculpted Prims: 3d Software Guide](http://wiki.secondlife.com/wiki/Sculpted_Prims:_3d_Software_Guide).

- Sculpted Prims: Resident-made Tools. (2011). Second Life Wiki. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: [http://wiki.secondlife.com/wiki/Sculpted Prims: Resident-made Tools](http://wiki.secondlife.com/wiki/Sculpted_Prims:_Resident-made_Tools).
- Sotungin etälukio. Kokemuksellisen oppimisen uudet tavat virtuaalisissa oppimisympäristöissä. Hankkeen taustaa. Lainattu 24.1.2013, saatavilla: http://www.etalukio.fi/menu/mnu5.shtml#m-liid_1027618. Oppimispolun osoite Second Lifessa: <http://slurl.com/secondlife/Sotunki/168/104/2>.
- Stahl, G. (2000). A model of collaborative knowledge-building. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (eds.). *Proceedings in the Fourth International Conference of the Learning Sciences*, 70 – 77. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Stahl, G. (2002). Contributions to a Theoretical Framework for CSCL. *Proceedings in Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)*, 62–70.
- Stevens, V. (2007). Second Life and online collaboration through peer-to-peer distributed learning networks. *Proceedings in the Third Annual Conference For Middle East Teachers Of Science, of Science, Mathematics and Computing*, 2007.
- Texture Windows. (2011). Second Life Wiki. Lainattu 27.11.2012, saatavilla: [http://wiki.secondlife.com/wiki/Texture Windows](http://wiki.secondlife.com/wiki/Texture_Windows).
- Tiilikainen, P. (2013). HIMA - projekti. (2012). Virtuaalinen ikääntyvän ideaalikoti oppimis- ja kehittämisympäristönä. Lainattu 24.1.2013, saatavilla: <http://hima.savonia.fi/>. Ideaalikodin osoite Second Lifessa: <http://slurl.com/secondlife/Ideaalikoti/128/128/2>.
- Tynjälä, P. (2009). *Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Kustannusosakeyhtiö Tammi: Tampere.
- Vilpas, P. (2010). Biologia ja maantiede / Second Life. Loppuraportti. Lainattu 22.1.2013, saatavilla: http://www.etalukio.fi/menu/mnu5.shtml#m-liid_641230.
- Vilpas, P. (2011). Raportti geenimaailman rakentamisesta. Second Life -projektin loppuraportti lukuvuodelta 2010 – 11 / Biologia. Lainattu 22.1.2013, saatavilla: http://www.etalukio.fi/menu/mnu5.shtml#m-liid_641230.
- Warburton, S. (2009). Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 414–426.
- Wrzesien, M. & Raya, M. A. (2010). Learning in serious virtual worlds: Evaluation of learning effectiveness and appeal to students in the E-Junior project. *Computers & Education*, 55, 178–187.